Supplemento ordinario alla “Gazzetta Ufficiale” n. 51 del 3 marzo 2009 - Serie generale

Spediz. abb. post. 45% - art. 2, comma 20/b
Legge 23-12-1996, n. 662 - Filiale di Roma

GAZZETTA UFFICIALE

DELLA REPUBBLICA ITALIANA

PARTE PRIMA **Roma - Martedì, 3 marzo 2009** SI PUBBLICA TUTTI I GIORNI NON FESTIVI

DIREZIONE E REDAZIONE PRESSO IL MINISTERO DELLA GIUSTIZIA - UFFICIO PUBBLICAZIONE LEGGI E DECRETI - VIA ARENULA 70 - 00186 ROMA
AMMINISTRAZIONE PRESSO L'ISTITUTO POLIGRAFICO E ZECCA DELLO STATO - LIBRERIA DELLO STATO - PIAZZA G. VERDI 10 - 00198 ROMA - CENTRALINO 06-85081

N. 29

MINISTERO DELL’AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE

DECRETO 1° ottobre 2008.

Linee guida per l’individuazione e l’utilizzazione delle migliori tecniche disponibili in materia di trattamento di superficie di metalli, per le attività elencate nell’allegato I del decreto legislativo 18 febbraio 2005, n. 59.

DECRETO 1° ottobre 2008.

Linee guida per l’individuazione e l’utilizzazione delle migliori tecniche disponibili in materia di produzione di cloro-alcali e olefine leggere per le attività elencate nell’allegato I del decreto legislativo 18 febbraio 2005, n. 59.

DECRETO 1° ottobre 2008.

Linee guida per l’individuazione e l’utilizzazione delle migliori tecniche disponibili in materia di industria alimentare, per le attività elencate nell’allegato I del decreto legislativo 18 febbraio 2005, n. 59.

DECRETO 1° ottobre 2008.

Linee guida per l’individuazione e l’utilizzazione delle migliori tecniche disponibili in materia di impianti di combustione, per le attività elencate nell’allegato I del decreto legislativo 18 febbraio 2005, n. 59.

SOMMARIO

MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE

DECRETI, DELIBERE E ORDINANZE MINISTERIALI

MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE

DECRETO 1° ottobre 2008.

Linee guida per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili in materia di trattamento di superficie di metalli, per le attività elencate nell'allegato I del decreto legislativo 18 febbraio 2005, n. 59.

IL MINISTRO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE

DI CONCERTO CON

IL MINISTRO DELLO SVILUPPO ECONOMICO

E

IL MINISTRO DEL LAVORO, DELLA SALUTE E DELLE POLITICHE SOCIALI

Visto il decreto legislativo 18 febbraio 2005, n. 59, recante «Attuazione integrale della direttiva 96/61/CE relativa alla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento» e in particolare l'art. 4, comma 1, che prevede l'emanazione di linee guida per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili, nonché che l'autorizzazione integrata ambientale sia rilasciata, tra l'altro, nel rispetto delle linee guida medesime e l'art. 4, comma 2, che prevede che, fino all'istituzione di una nuova commissione integrata secondo le disposizioni dello stesso comma, operi la commissione istituita con decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio del 19 novembre 2002 (pubblicato nella *Gazzetta Ufficiale* della Repubblica italiana n. 302 del 27 dicembre 2002) ai sensi dell'art. 3, comma 2 del decreto legislativo n. 372/1999;

Acquisiti gli elaborati tecnici riportati in allegato al presente decreto, predisposti dalla commissione istituita con decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio del 19 novembre 2002 (pubblicato nella *Gazzetta Ufficiale* della Repubblica italiana n. 302 del 27 dicembre 2002) ai sensi dell'art. 3, comma 2 del decreto legislativo n. 372/1999;

Sentita la Conferenza unificata istituita ai sensi del decreto legislativo 25 agosto 1997, n. 281, nella seduta del 20 marzo 2008;

Decreta:

Art. 1.

Emanazione delle linee guida per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili

1. Ai sensi dell'art. 4, comma 1 e 2 del decreto legislativo 18 febbraio 2005, n. 59, sono emanate linee guida recanti i criteri specifici per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili, per gli impianti esistenti che esercitano le attività rientranti nelle categorie descritte ai seguenti punti dell'allegato I del medesimo decreto:

2.6. Impianti per il trattamento di superficie di metalli e materie plastiche mediante processi elettrolitici o chimici qualora le vasche destinate al trattamento utilizzate abbiano un volume superiore a $30m^3$.

Tali linee guida, che costituiscono parte integrante del presente decreto, sono riportate in allegato.

2. Per criteri di tipo generale e per la definizione dei sistemi di monitoraggio, relativamente alle categorie di attività citate al comma 1, linee guida riportate in allegato sono da considerarsi unitamente alle linee guida generali e alle linee guida in materia di sistemi di monitoraggio già emanate per le attività rientranti nelle categorie descritte ai punti 1.3, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5 e 6.1 nell'allegato I del decreto legislativo 4 agosto 1999, n. 372 con decreto del 31 gennaio 2005, pubblicato nel S.O. n. 107 alla *Gazzetta Ufficiale* del 13 giugno 2005.

Art. 2.

Entrata in vigore

1. Il presente decreto entra in vigore il giorno successivo alla pubblicazione nella *Gazzetta Ufficiale* della Repubblica italiana.

Il presente decreto sarà trasmesso agli organi di controllo per la registrazione e pubblicato nella *Gazzetta Ufficiale* della Repubblica italiana.

Roma, 1° ottobre 2008

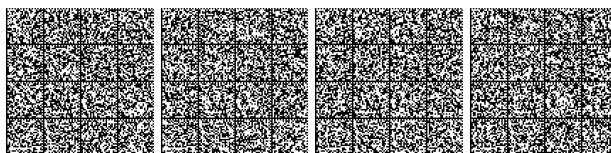
Il Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare
PRESTIGIACOMO

Il Ministro dello sviluppo economico
SCAJOLA

Il Ministro del lavoro, della salute e delle politiche sociali
SACCONI

Registrato alla Corte dei conti il 27 novembre 2008

Ufficio di controllo atti Ministeri delle infrastrutture ed assetto del territorio, registro. n. 9, foglio n. 224

ALLEGATO

IPPC
(Prevenzione e riduzione integrata dell'inquinamento)

Linee Guida per le Migliori Tecniche Disponibili nei Trattamenti di superficie dei metalli

Linee guida per la individuazione ed utilizzazione delle migliori tecniche disponibili, in materia di trattamento di superficie di metalli, per le attività rientranti nei punti 2.6 dell'allegato I del decreto legislativo 59/05.

1. INTRODUZIONE

Con decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio, di concerto con il Ministro delle attività produttive e con il Ministro della Salute, in data 15 aprile 2003, è stata istituita la Commissione Nazionale ex art. 3, comma 2, del decreto legislativo 372/99 (recepimento della direttiva 96/61/CE nota come IPPC), per la redazione delle linee guida per l'individuazione delle Migliori Tecniche Disponibili (MTD), ai fini del rilascio, da parte delle autorità competenti nazionale e regionali, dell'autorizzazione integrata ambientale (AIA).
La Commissione suddetta ha istituito, a sua volta, tredici gruppi tecnici ristretti (GTR), composti da rappresentanti dei ministeri interessati e delle Associazioni di Categoria dell'industria, con l'incarico di predisporre una proposta di linee guida in ciascuno dei tredici settori ritenuti al momento prioritari.

Il documento prodotto dal GTR[1] "produzione e trasformazione dei metalli ferrosi" ha lo scopo di approfondire le MTD disponibili per il settore dei trattamenti di superficie, con lo scopo di aiutare sia l'azienda che deve presentare la domanda di autorizzazione, sia l'autorità competente che dovrà istruire il procedimento e rilasciare l'autorizzazione stessa.
In particolare il GTR ha deciso di trattare separatamente l'industria dei trattamenti superficiali dell'alluminio rispetto a quella dei trattamenti su altri metalli, sia per la specificità dei processi coinvolti che per le caratteristiche stesse della struttura industriale italiana.

Il documento prodotto, quindi, contiene un elenco delle principali tecniche disponibili applicabili nell'industria delle finiture superficiali, sia dal punto di vista delle prestazioni ambientali che dell'accettabilità economica; poiché questo documento rappresenta un approfondimento delle tecnologie utilizzate nel settore, esso non contiene indicazioni sui valori limiti di emissione da adottare, poiché si ritiene che questi ultimi siano definibili soltanto all'interno del processo autorizzativo, tenendo conto sia degli aspetti impiantistici dello stabilimento che si autorizza, sia delle caratteristiche del sito su cui opera.

Nel seguito del testo, infine, si farà ripetutamente cenno al documento comunitario noto come "BRef". Si tratta del documento di riferimento per l'identificazione delle migliori tecniche, edito dall'ufficio IPPC della UE sito in Siviglia.
L'Unione Europea, infatti, si è attrezzata per favorire l'attuazione della direttiva IPPC creando un apposito ufficio, operante presso il Centro comunitario di ricerca di Siviglia. L'ufficio "IPPC" coordina una serie di gruppi tecnici che sono incaricati della redazione di documenti di riferimento per l'individuazione delle migliori tecnologie, i cosiddetti *Best Available Techniques Reference*

[1] Il gruppo di lavoro è così composto:
- ing. Franco Degli Atti (ENEA) come coordinatore
- cav. Francesco Coletto,dott. Lorenzo Dalla Torre, dott. Leandro Trentin, dott.ssa LauraGuagno(ASSOGALVANICA)
- ing. GianPaolo Barbarossa e ing. Riccardo Boi (AITAL)
- ing. Alfredo Pini e ing. Francesco Andreotti (APAT)
- dott. Mauro Rotatori e ing. Federico Spadoni (CNR)
- ing. Flavio Bregant e ing. Gaetano Di Tursi (FEDERACCIAI)
- dott. Riccardo Crebelli (ISS)
- ing. Giuseppe Pugliesi (MAP)
- dott. Paolo Bragatto (ISPESL)
- ing. Lucia Muto e dott.ssa.Fiorella Aste (MATT)

documents (BRefs). L'Italia ha attivamente contribuito ai lavori dei gruppi tecnici, con il coordinamento del Ministero dell'Ambiente.
Per il settore dei trattamenti di finitura superficiale dei metalli è oggi disponibile il documento "Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) – Reference Document on Best Available Techniques for theSurface Treatment of Metals and Plastics – BRef August 2006" disponibile sul sito dell'ufficio IPPC di Siviglia all'indirizzo http://eippcb.jrc.es.
Nei riferimenti al BRef, nel seguito di questo documento, si farà uso dell'acronimo inglese BAT, che in lingua inglese è utilizzato per indicare le *Best Available Techiniques*; nel resto del testo si utilizzerà altresì l'acronimo italiano MTD ad indicare la migliore tecnica disponibile (al singolare) o le migliori tecniche disponibili (al plurale).
Il documento BRef "Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) – Draft Reference Document on Best Available Techniques for the Surface Treatments of Metals and Plastics – Final Draft May 2005" non si occupa di trattamenti di superficie che utilizzano solventi e neppure della verniciatura per elettroforesi (anaforetica o cataforetica) in quanto non sono attività pertinenti al settore di trattamento dei metalli e plastica. Si rimanda, se ne ricorrono i presupposti, al BRef "The second draft BRef on Surface Treatment using solvents".

2. RICOGNIZIONE DELLA SITUAZIONE DEL SETTORE

2.1. INDUSTRIE GALVANICHE

Il settore si sostanzia in un insieme di imprese (o di reparti interni) che effettuano servizi produttivi destinati a trattare componenti o prodotti di altre imprese (o dell'impresa integrata in cui il reparto è incorporato) mediante l'applicazione di una serie di processi chimici od elettrochimici meglio specificati in seguito.
Rientrano tra i processi i trattamenti comunemente noti nel mercato come:

- Zincatura
- Nichelatura
- Cromatura
- Ottonatura
- Ramatura
- Fosfatazione
- Bronzatura
- Stagnatura
- Cadmiatura
- Brunitura
- Rodiatura
- Altri trattamenti

Il settore si presenta in modo estremamente variegato e complesso, tanto che risulta oltremodo difficile la sua stessa definizione. Un metodo per descriverlo, comunque approssimativo, è quello di basarsi sui dati ISTAT derivanti dai censimenti delle imprese industriali relativamente alla categoria economica "28510 Trattamento e Rivestimento dei Metalli"; si deve comunque aver riguardo a tali dati considerando che sono escluse dal computo aziende che effettuano gli stessi procedimenti su materiali plastici e che probabilmente sfuggono imprese che operano nel campo dei circuiti stampati. Inoltre si deve considerare che possono essere escluse imprese che si qualificano in altre categorie economiche e che svolgono al loro interno, in propri reparti, trattamenti e rivestimenti superficiali su beni di propria produzione.

Secondo i dati Istat risultano oltre 6000 le imprese della categoria economica citata con un dato relativamente stabile negli ultimi tre censimenti: nel 1991 n° 6014 , nel 1996 n° 6064, mentre nel 2001 gli operatori risultano essere 6062.

Classe Addetti	*Numero Imprese Anno 2001*
1	*1315*
2	*819*
Da 3 a 5	*1244*
Da 6 a 9	*966*
Da 10 a 15	*821*
Da 16 a 19	*271*
Da 20 a 49	*489*
Da 50 a 99	*105*
Da 100 a 199	*29*
Da 200 a 249	*1*
Da 250 a 499	*2*

Tabella 1– Dati ISTAT 2001

Non vi è modo di verificare oggettivamente in maniera diretta quante di queste imprese ricadano nell'ambito di applicazione della direttiva IPPC, in altre parole ci si deve basare su alcuni assunti del tutto ipotetici imperniati sui dati a disposizione che possano aiutare in una stima dimensionale; si assume quindi vi sia una certa relazione tra numero di addetti e dimensioni degli impianti.
Da 6.062 operatori si sottraggono le micro-imprese, ovvero le imprese monoaddetto pari a 1.315 unità.
Tale gruppo di imprese si assume sia costituito da aziende che:

- operano con un solo addetto al servizio di altre imprese del settore (ad es. con operazioni di pre-lavorazione quali pulitura metalli, sabbiatura, pallinatura, levigatura etc..)
- operano nel settore con microimpianti di dimensioni inferiori alla soglia di 30 metricubi.
- non operino più, ovvero siano nella fase di uscita dal mercato ed esistano solo formalmente in attesa della definitiva cessazione dell'attività.

In tal modo si riducono da 6.062 a 4.747 le imprese con questa prima ipotesi.
Similmente, operando per assunzioni, si ritiene che non possano essere più del 10 % le aziende con 2 addetti che rientrino nel campo di applicazione della IPPC; approssimando ad 81 (su 819) le aziende da considerare nella IPPC con 2 addetti, si sottraggono 738 operatori dalle 4747 unità; con questa seconda scrematura si ha una ulteriore riduzione a 4.009 operatori .

Procedendo con la scrematura e considerando le 1.244 aziende da 3 a 5 addetti si stima nel 20 % le imprese che superino i 30 metricubi di soglia prevista che assoggetta l'impresa alla Direttiva 96/61/CE; si devono quindi considerare circa 249 operatori soggetti e sottrarne 995. Si arriva quindi a 3014 unità residue.

Ugualmente per le 966 imprese da 6 a 9 addetti si stima il 30 % di imprese soggette alla IPPC quindi 289 unità; in questo modo si riducono le aziende a 2337 residue.

Nella categoria da 10 a 15 addetti, si ipotizza che siano il 40 % le imprese in IPPC, in questo gruppo sono censite 821 unità; si considerano 328 in IPPC e si sottraggono le restanti portando a 1.844 imprese nel settore.
Nelle restanti classi si suppone che tutte le imprese siano soggette alla direttiva.

Ne consegue che si stimano in 1844 le imprese della categoria economica 28.510 soggette ad IPPC, così suddivise per classi di addetti :

Classe Addetti	*Numero Imprese IPPC nella categoria 28510 stimate*
1	*0*
2	*81*
Da 3 a 5	*249*
Da 6 a 9	*289*
Da 10 a 15	*328*
Da 16 a 19	*271*
Da 20 a 49	*489*
Da 50 a 99	*105*
Da 100 a 199	*29*
Da 200 a 249	*1*
Da 250 a 499	*2*
Totale imprese in IPPC	*1844*

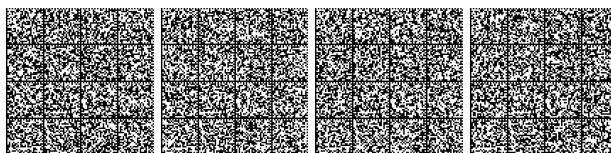



Tabella 2– Stima delle imprese ricadenti in IPPC

A queste andranno aggiunte aziende operanti su materiali plastici ed aziende che per qualsiasi motivo siano uscite dal campo di rilevazione Istat .
L'ipotesi che 1.844 imprese superino la soglia dei 30 m^3 di vasche si basa sul fatto che venga effettuata ai fini del calcolo della soglia la sommatoria delle cubature delle vasche contenenti soluzioni chimiche od elettrochimiche che portino ad alterazioni della superficie (vasche di trattamento e finissaggio come più oltre individuate).
Una notazione è importante: si è avuto riguardo al numero imprese per esigenze di semplificazione e perché in questo paragrafo si dà uno sguardo introduttivo al profilo economico del settore. In realtà nel concreto si dovrà esaminare l'insieme delle unità locali che sono analizzate nel § 3.1.2.

2.2. Dati sulla produzione

Data la trasversalità del comparto risulta pressochè impossibile fornire dati univoci sulla produzione:

- nel caso di trattamenti su minuterie di massa, l'unità di misura è in generale il peso;
- per i trattamenti a telaio l'unità di misura è il numero di pezzi trattati; all'interno di questa sottocategoria già si comprende come risulta difficile comparare dati produttivi che possono riguardare volta a volta e solo a titolo d'esempio: occhiali, componenti per lampadari, sedie e tavoli, parti di motore a scoppio, bigiotteria, componenti per cicli e motocicli, attrezzature medicali, componenti per elettrodomestici, tubi e profilati…etc.;
- nel caso di trattamenti in continuo si parlerà di superficie trattata in metri quadri o se trattasi di fili/cavi metri lineari trattati;
- nel caso dei circuiti stampati in generale si potranno avere dati sulla produzione espressi in opportune misure di superficie.

Non risulta possibile né conveniente determinare esattamente dei dati sulla produzione dei particolareggiati. Si possono quindi effettuare delle stime basate sempre sui dati Istat ufficiali, cercando un rapporto tra numero di addetti e fatturato dell'impresa ed assumendo quindi che il fatturato sia l'unico dato omogeneo per paragonare le attività accomunate unicamente dalla tecnologia applicata e dalla direttiva IPPC , e non tanto dai mercati di sbocco, che sono i più diversi tra loro; del resto le stesse difficoltà hanno condotto il legislatore comunitario ad individuare una soglia basata sulla cubatura delle vasche come soglia per l'applicazione della direttiva in questo particolare settore, scontrandosi anche esso con le stesse difficoltà statistiche di rilevazione di dati univoci sulla produzione.
Nel 2001 sono state censite **6.062 imprese** con un numero di **addetti** rilevato di **56.006** unità; nell'ipotesi di stimare un fatturato per addetto di 90.000 € si ha un fatturato globale nazionale di circa 5.000.000.000 €. L'ipotesi deriva dal fatto che il settore manifesta una certa crisi che negli ultimi anni ha portato il fatturato a decrescere per unità di addetto, e i dati possono quindi essere considerati solo come verosimili. In ogni caso è pensabile che anche microaziende non possano reggersi a lungo se l'unico addetto lavorante non raggiunge un reddito lordo marginale minimo (si suppone 1.500 € mese netti con lordi di circa 3.000 € mese, ovvero circa 40.000 € annui + costi vari di produzione (energia, materie prime impiegate, spese di trasporto, affitto, telefono, spese generali, ecc..) tali da pervenire almeno ai 90.000 € annui di fatturato.

Di fatto 6.062 imprese con 56.006 addetti totali portano ad una media aritmetica di addetti di poco superiore a 9 unità, il che porterebbe a concludere secondo l'assunto che mediamente l'impresa con nove addetti dovrebbe fatturare circa 810.000 € anno.

A riprova, si ha un dato su un campione di 900 imprese (vedi § 3.4.1.1) riferito al biennio 1999/2000 esposto dalla SEAT (il campione viene descritto in tale paragrafo); dal fatturato complessivo di 1400 miliardi di lire, si ricava per ciascuna impresa il fatturato di circa 803.000 €.
L'avvertenza è d'obbligo vista l'estrema varietà del settore: la varianza intorno alla media aritmetica è elevatissima e non può essere trasferita sic et simpliciter alla singola unità produttiva: infatti risulta evidentemente diversa una azienda che effettua ad esempio trattamenti preziosi (oro, argento, platino..) da una azienda che effettua sempre ad esempio zincatura poiché la struttura dei costi è diversissima non fosse altro che, nell'esempio, per il costo diversissimo della materia prima.
Alcuni esempi successivamente indicati evidenziano come sia estremamente variabile il dato in base alle diverse lavorazioni eseguite.

2.3. Distribuzione territoriale degli impianti

Utilizzando i dati ufficiali più recenti forniti dall'Istat si è raggiunta la seguente ripartizione per Regione delle 6.062 imprese. Data l'estrema frammentazione del settore e la piccola dimensione media prevalente non si è ritenuto opportuno guardare inizialmente alle Unità Locali delle imprese (che in totale risultano essere 6.604) cosa che ora si è considerata dato che l'obiettivo è la definizione della distribuzione territoriale degli impianti. In ogni caso la ripartizione ottenuta resta indicativa in quanto comprende tutte le imprese della categoria economica "28510" ed esclude imprese non appartenenti alla categoria ma soggette alla IPPC o che sono estranee al campo di rilevazione Istat.
Andrà quindi verificata in ciascuna Regione quante siano in concreto le unità produttive che superino il valore di soglia di 30 metricubi di vasche utilizzate per trattamenti chimici od elettrochimici che portino ad alterazione della superficie. A titolo indicativo si riporta la media dipendenti per le unità locali di ciascuna Regione.

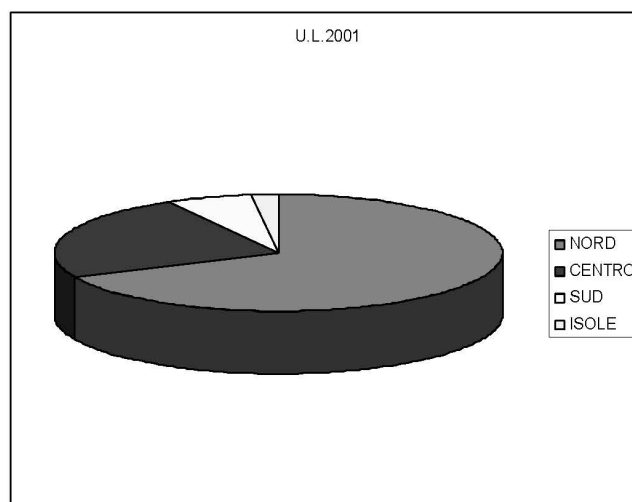



Fig. 1– Media dipendenti per le unità locali (anno 2001)

La distribuzione delle imprese, delle unità locali e degli addetti per regione è riportata nella tabella successiva

Regione	Categoria economica 28510 NUMERO IMPRESE Istat 2001	UNITA' LOCALI Istat 2001	ADDETTI Istat 2001	Media Addetti per Unità locale 2001
Piemonte	969	1058	7956	7.5
Valle d'Aosta	4	4	23	5.7
Lombardia	2198	2371	18786	7.9
Trentino Alto Adige	29	30	330	11
Veneto	777	858	8540	9.9
Friuli Venezia Giulia	89	102	1165	11.4
Liguria	65	72	452	6.2
Emilia-Romagna	720	773	6600	8.5
Toscana	393	417	2864	6.8
Umbria	29	32	358	11.1
Marche	152	165	1714	10.38
Lazio	124	137	1194	8.7
Abruzzo	52	58	990	17
Molise	5	6	178	29.6 Max
Campania	174	201	2127	10.5
Puglia	109	125	1498	11.9
Basilicata	18	21	201	9.5
Calabria	48	51	308	6
Sicilia	75	82	523	6.3
Sardegna	32	41	199	4.8 min
Totale Italia	6062	6604	56006	8.48

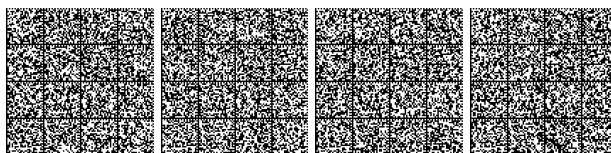
Tab. 3– Distribuzione delle imprese, delle unità locali e degli addetti per regione

Come si vede il massimo di dimesione media si ottiene in Molise con 29.6 addetti per unità locale, il minimo in Sardegna con 4.8 addetti per unità locale. La media nazionale per U.L. è di 8.48 addetti.

2.4. Personale impiegato

Il personale impiegato da dati ufficiali Istat 2001 si sostanzia in **56.006** addetti suddivisi nelle 6.062 imprese o se si vuole su 6.604 unità locali. Dal 1991 al 2001 l'incremento occupazionale si avvicina alla 10.000 unità (da 46521 a 56.006 addetti). La crescita occupazionale sarebbe quindi di circa 1000 addetti per anno. Vedi tabella 3 per le dimensioni delle medie imprese e la distribuzione territoriale degli occupati.

L'**occupazione femminile** pesa per **12.775** addetti rispetto alla predominante maschile.
Le donne si qualificano come dipendenti per 10.789 unità; usualmente fanno parte dello staff contabile-amministrativo o dello staff tecnico-scientifico delle aziende; inoltre vengono maggiormente impiegate in lavori dove è necessaria una grande abilità manuale, velocità di aggancio/sgancio di piccoli particolari trattati a telaio, laddove sia richiesta una maggior precisione nella fase di aggancio/sgancio imballo e controllo del prodotto trattato (occhialeria, minuterie per lampadari, particolari per l'elettronica, minuteria di precisione..). Minore l'impiego femminile in settori produttivi più "pesanti".
Sono infine 1.986 le donne non dipendenti, addette quindi con ruolo di titolare o contitolari o coadiuvanti familiari, a riprova delle caratteristiche delle imprese del settore.

L' **occupazione maschile** si sostanzia in **43.231** addetti di cui 35.244 dipendenti, 7.987 indipendenti.

Per quanto riguarda l'occupazione flessibile, sempre nel 2001 nel settore sono stati rilevati numero **1.320 Co.Co.Co**. e numero **1.186 addetti interinali**. Mentre si ritiene che i Co.Co.Co. siano l'espediente per trattenere al lavoro professionalità sempre più rare che vanno scomparendo (es. pulitori manuali di metalli che vanno in quiescenza), l'esigua percentuale (2 %) di interinali sembra dovuta all'utilizzo dello strumento della flessibilità a scopi di prova e selezione di nuovo personale da assumersi direttamente in seguito, dapprima con contratti a tempo determinato e per una buona parte trasformati a tempo indeterminato.

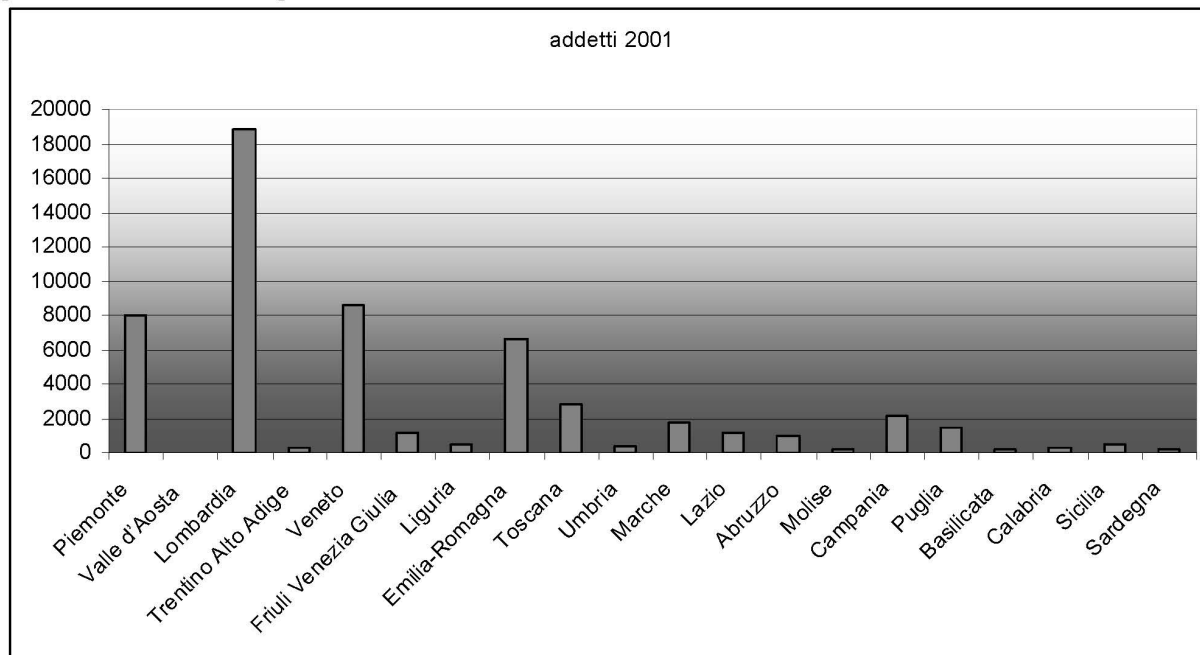



Fig. 2 – Numero addetti per regione

2.5. Dati macroeconomici

Fornire dati effettivamente macroeconomici è oltremodo difficile per questo settore di attività .
Si può innanzitutto dire che le 6.062 imprese finora considerate sono imprese di "servizi produttivi" che portano a completare il ciclo produttivo rifinendo componenti metalliche prodotte dalle **25998** imprese censite dall'Istat nella categoria di lavori di meccanica generale per conto terzi in ambito nazionale.
Le tipologie di prodotti trattati in generale comprendono:

- Beni di consumo durevole
- Mezzi di trasporto (parti di motori a scoppio e parti strutturali e componenti)
- Beni di investimento (macchinari, componenti elettronici)
- Semilavorati metallici (coils, wire processing, bullonerie)
- Prodotti per l'edilizia
- Prodotti medicali
- Prodotti aerospaziali
- Preziosi
- Altro

I servizi produttivi si estendono poi ad altri settori di attività, aumentando la quantità di imprese servite in modo difficilmente misurabile, specie quando le lavorazioni riguardano altri supporti non metallici come:

- Plastica
- Vetro
- Materiali ceramici

Altro campo notevole è quello relativo alla produzione di circuiti stampati, di stampi mediante elettroformatura e di campi connessi alla produzione artistica.

La localizzazione delle imprese, o meglio degli impianti, è funzione della localizzazione delle aziende clienti. Questo spiega la ripartizione territoriale che segue pedissequamente la distribuzione delle decine di migliaia di imprese servite, con gli squilibri tra nord e sud ben noti. Sembra inoltre acclarato che esiste una "utilità di luogo" che spinge alla specializzazione produttiva; questo provoca un inserimento del settore nelle "economie di distretto". Per fare un esempio il distretto dell'occhialeria del Cadore fruirà dei servizi specializzati di imprese di trattamenti sulle montature degli occhiali, dei relativi astucci metallici e dei loro componenti.
Le dimensioni degli impianti saranno come sempre funzione delle dimensioni delle componenti da trattare. Intorno al 2001 erano oltre una trentina le imprese di trattamenti specializzate nell'occhialeria e si sono progressivamente ridotte di una decina nell'ultimo triennio risentendo della crisi indotta dai mercati produttivi dei paesi dell'Est Europa e dell'Estrema Asia.
Questa tendenza dell'ultimo triennio deve essere tenuta in considerazione in termini più generali per tutto il settore.

Oltre alle difficoltà concorrenziali, derivanti dall'ingresso recente in tutti i comparti dei produttori Asiatici tra cui spicca la Cina, si deve considerare un ulteriore aspetto che incrementa le difficoltà delle imprese di trattamenti dal lato dell'input. Per essere più precisi le materie prime impiegate sono essenzialmente metalli raffinati la cui domanda è cresciuta con i tassi di crescita del Pil dei nuovi paesi produttori. L'eccesso di domanda si è scontrato con la rigidità dell'offerta che non può attivare impianti produttivi nuovi se non nel lungo periodo. L'incremento dei costi di materie prime ha raggiunto in taluni casi il 120 % . La stagnazione ha impedito alle imprese del settore di riversare tali aumenti di costo sui prezzi di vendita. L'elevata quotazione dell'euro rispetto al dollaro non è riuscita a calmierare i prezzi di acquisto delle materie prime mentre ha impedito una consistente ripresa nei settori esportatori serviti dalle imprese di trattamenti.

2.6. Sottosettori

Le aziende del settore eseguono lavorazioni che debbono in generale fornire al prodotto trattato una o più caratteristiche tra le seguenti:

- Il miglioramento dell'aspetto estetico
- La resistenza alla corrosione, allo sfregamento, all'attrito, all'usura agli agenti chimici
- La conducibilità elettrica
- L'isolamento termico
- La conducibilità termica
- Il miglioramento dello scorrimento o lubrificazione
- La saldabilità
- La modificazione delle proprietà ottiche o di rifrazione
- L'isolamento dall'irraggiamento
- L'inossidabilità alle alte temperature
- L'igienicità

Questa estrema diversità di funzioni d'uso dei trattamenti si sostanzia in lavorazioni accomunate sì dalla tecnologia applicata ma diversissime per tipologia .

A livello nazionale si è cercato di ottenere dei dati che discriminino per tipologia specifica di attività . Utilizzando i dati derivati da SEAT relativi al 1999/2000 si ritrova:

- 900 imprese nazionali indicate dalla SEAT nel comparto generale "Galvanotecnica" delle quali:
  - 55.5 % "Cromatura e Nichelatura"
  - 20.5 % "Ossidazione anodica"
  - 5% "Argentatura e Doratura"
  - 19% "Altre lavorazioni"

Per queste aziende analizzate (non si sa in base a quali criteri) si stimano 1.400 miliardi delle vecchie Lire di fatturato, ovvero quasi 700 milioni di € (circa 803.000 € per impresa).

Sempre in base agli annuari SEAT della meccanica si trovano degli elenchi nominativi a fini pubblicitari:

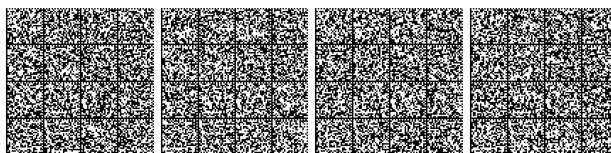
b) 477 imprese nazionali si riconoscono nel comparto "Cromatura e Nichelatura" (comprendenti quindi nichelature, cromature decorative e cromature a spessore) con una media di fatturato indicata intorno ad 1 Miliardo di vecchie Lire per azienda.
c) 207 imprese italiane si pubblicizzano come zincature elettrolitiche
d) 353 imprese si riconoscono nella categoria " Trattamenti e finiture superficiali metalli"
e) 444 si pubblicizzano in un comparto generico "Galvanotecnica"
f) 20 imprese nella lavorazione "stagnatura e piombatura"
g) 13 imprese come "Ramatura, Ottonatura e Bronzatura"
h) 174 imprese come "Argentatura, Doratura, Platinatura e Rodiatura"

Si tralasciano attività di Fosfatazione o Fosfatizzazione, Ossidazione Anodica, Lucidatura Metalli, o genericamente di Metallizzazione anch'esse comunque citate in altre categorie dalla SEAT.
Si noti che 1.688 sono il totale delle imprese che si pubblicizzano negli annuari SEAT nelle categorie indicate dal punto b al punto h, mentre nell'analisi settoriale (punto a) si citano 900 imprese, compreso il 20 % di Ossidazioni Anodiche, cioè altri 180 operatori circa esclusi dalla pubblicazione nominativa nei punti successivi.

Il totale delle imprese così ottenibile (1688 nominative +180 ossidazioni anodiche) è un numero molto vicino agli operatori che sono stati stimati ricadere nell'ambito d'applicazione della direttiva 96/61/CE (§ 3.1).

2.7. Impatto ambientale del settore

Gli elementi che concorrono a definire l'impatto ambientale del settore sono:

- *Consumo delle seguenti risorse primarie (Input):*
  - acqua
  - energia
  - metalli
  - prodotti chimici

- *Produzione*: dai fattori della produzione indicati come input trae origine un processo che produce determinati risultati o benefici ambientali connessi alla missione produttiva.

- *Emissioni (Output)*:
  - acque reflue
  - rifiuti

Saranno trattate dapprima brevemente i benefici ambientali connessi all'attività per poi concentrarsi sui costi, ovvero sugli input e sulle emissioni od"output".

2.8. Benefici ambientali

Nel bilancio dell'impatto ambientale non si può non tener conto dei risultati produttivi del settore in termini sia di effetti diretti sul risparmio di risorse sia di impatto dei prodotti a fine Ciclo di Vita (CVP).

1. Efficiente utilizzo di risorse naturali

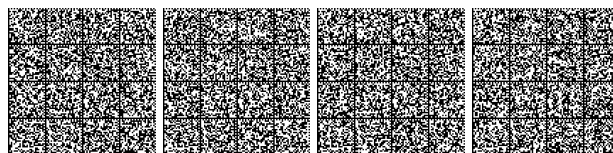
La ragion d'essere delle lavorazioni del settore è normalmente il rivestimento mediante film sottili di un materiale meno nobile con un materiale più raro, in modo che le caratteristiche tecnico funzionali del secondo siano sfruttate al massimo a vantaggio di risorse naturali meno rare.
Esempi di efficiente utilizzo di risorse naturali con le tecnologie di tipo elettro-chimico:

- 1 g d'oro ricopre e dà funzionalità a migliaia di contatti elettrici;
- un set di posate "silver plated" da 12 pezzi richiede da 70 a 90 g. di argento invece di qualche Kg. richiesto da posate in argento massiccio.

Studi recenti sono stati effettuati su due lavorazioni prevalenti Nichelatura e Zincatura:

- Lavorazioni a base di NICHEL: nell'Unione Europea solo il 4 % del nichel richiesto sul mercato viene utilizzato nel settore dei trattamenti metallici; il dato assoluto è di 18000 tonnellate di nichel destinate all'impiego per trattamenti di nichelatura. Queste 18000 tonnellate di nichel sviluppano secondo una stima fondata sui risultati della ricerca commissionata da Assogalvanica all'Istituto Nazionale Fisica della Materia una massa di prodotti metallici trattati in UE non inferiore a 2.570.000 tonnellate.
- Lavorazioni a base di ZINCO: nel triennio 2000-2002 la produzione mondiale annua di Zinco è stata di circa 9.1 milioni di tonnellate; si stima che il 50 % del metallo sia utilizzato per rivestimenti anticorrosivi, l'altra metà è destinata alla produzione di leghe. Nell'Unione Europea 1,4 milioni di tonnellate sono destinate a rivestimenti anticorrosivi; la maggior parte di questa quantità viene utilizzata in procedimenti di zincatura a caldo, mentre la zincatura elettrolitica, depositando da 3 a 40 micron di metallo max, realizza molto più efficientemente l'utilizzo di una risorsa comunque rara (la concentrazione o clarke inferiore a 0.1 % classifica un elemento raro e lo Zn viene stimato a 0.007 % ovvero 70ppm o mg/Kg).

2. Salvaguardia di risorse esistenti

I danni da corrosione sono stimati in una valore intorno al 7 % del PIL mondiale.
Uno studio effettuato nel Regno Unito stima in 17 miliardi di sterline le perdite connesse alla corrosione nel paese. Lo stesso studio stima sempre in questo paese perdite per frizione ed abrasione di oltre 4 miliardi di sterline.
Le funzionalità anticorrosive e di aumentata resistenza fornite dai trattamenti salvaguardano risorse ed energie ingentissime.

3. Salvaguardia della salute e di vite umane

Non sono stimabili gli effetti positivi indotti dalla funzione antibatterica dei rivestimenti metallici, non solo per strumentazioni chirurgiche o medicali ma pure per suppellettili di uso più comune, dalle posate ai corrimano di una scala.

A tal proposito il Consorzio per lo sviluppo sostenibile Ecometal ha commissionato a fine 2005 una ricerca sulle proprietà igieniche dei rivestimenti galvanici all'Università di Modena e Reggio Emilia. Maggiori informazioni saranno reperibili nel sito del consorzio www.ecometal.org.

Non sono stimabili pure gli effetti positivi dei trattamenti in termini di sicurezza, attiva e passiva, fornita ad una miriade di prodotti dal cui funzionamento dipendono vite umane; l'esempio più immediato è il circuito stampato od un rivestimento anticorrosivo applicato a componenti aeronautiche.

4. Impatto ambientale nullo a fine ciclo di vita del prodotto

Il prodotto metallico con rivestimento metallico è non solo pienamente riciclabile ma viene effettivamente pienamente riciclato. Il tasso di riciclo dell'acciaio è il più elevato in assoluto, si stima che la percentuale di riciclo attuale assorba l'intera produzione di acciaio di 30 anni fa (durata media dei prodotti metallici). Il rottame metallico del resto non è mai stato così valorizzato come nell'ultimo biennio.

Studi effettuati dall'Istituto Nazionale Fisica della Materia, su commissione di Assogalvanica, hanno definito le caratteristiche di riciclabilità del prodotto in acciaio al carbonio rivestito con nichel, cromo e zinco, dando luogo a leghe derivanti dal procedimento di riciclo migliori di quelle di partenza.

I procedimenti galvanici così testati possono fruire di un marchio di riciclabilità denominato "Infinitely Recyclable" in quanto:

A: il procedimento di riciclo può essere ripetuto infinite volte

B: il procedimento dà luogo non solo ad un risparmio di energie e risorse naturali, ma anche ad un prodotto migliore.

2.9. Consumo di risorse primarie (Input)

Acqua

L'utilizzo di acqua è fondamentale per i trattamenti superficiali sia per costituire le soluzioni operative che per l' effettuazione delle operazioni di lavaggio.

Si stimano necessari per ciascuna fase di lavaggio da 3 a 20 litri di acqua per m^2 di superficie immersa (costituita da superficie effettivamente preparata, trattata o finita + superficie del pezzo che viene comunque immersa+superficie del telaio di aggancio o rotobarile).

Per fase di lavaggio si intende l'insieme dei lavaggi che seguono una data fase di preparazione o trattamento o finitura. Così ad esempio dopo una fase di elettrodeposizione costituiscono la fase di lavaggio il primo lavaggio chiuso, detto "recupero" (che non darà luogo ad utilizzo di acqua corrente se non episodicamente allorchè parte di tale recupero andrà a rimpiazzare la soluzione precedente di trattamento persa per evaporazione) e altri 2 lavaggi successivi.

L'intervallo di consumo d'acqua per m^2 è sufficientemente ampio per considerare una serie di variabili che incidono sul consumo stesso:

- dimensioni del pezzo da trattare (pezzi di piccola, media o grande dimensione e relativa incidenza sui telai utilizzati);
- Forma del pezzo da trattare intesa come geometria;
- Attitudine allo scodellamento dei pezzi da trattare (pezzi cavi, fenomeni di capillarità);

- Tipologia della superficie -da trattare (ruvidità , asperità della superficie da trattare)
  -già trattata (trattamenti lucidi e trattamenti satinati od opachi richiedono diverse quantità di acqua per il lavaggio).

In generale piccoli impianti non ricadenti all'interno dell'applicazione della direttiva saranno posti verso la parte inferiore dell'intervallo di consumo, gli impianti più grandi verso l'alto. Le eccezioni sono sempre possibili in quanto anche un piccolo impianto che tratti, solo ad esempio, flessibili per doccia, potrà sviluppare una richiesta elevata d'acqua date le caratteristiche di capillarità e di trattenimento d'acqua del pezzo. Dai dati riportati, nella stesura del BRef, dal rappresentante francese, si è osservato che il settore dei circuiti stampati si posiziona sopra i 15 litri di acqua per mq. per fase di lavaggio; si deve quindi considerare anche il livello qualitativo richiesto di "pulizia" della superficie sia per motivi di funzionalità di impiego del prodotto sia per necessità espresse da ulteriori trattamenti/finiture da effettuarsi a valle.

Energia elettrica
L'energia elettrica utilizzata nel settore viene classificata come:
- Materia prima allorchè venga utilizzata in procedimenti elettrochimici. In tal senso fruisce di vantaggi ed agevolazioni fiscali e viene spesso contabilizzata a parte grazie ad appositi misuratori dedicati.
- Forza motrice o energia per fini di tipo generale, come in qualsiasi altra attività per gli utilizzi consueti: motori elettrici asserviti ad impianti di produzione o ad impianti di aspirazione, motori per pulitrici metalli, impianti di illuminazione etc. Talora vengono utilizzate resistenze elettriche per portare alla temperatura operativa determinate soluzioni galvaniche; normalmente questo avviene laddove non è possibile/conveniente utilizzare serpentine di riscaldamento e per bagni di ridotte dimensioni.

Nei procedimenti elettrochimici l'utilizzo di energia elettrica come materia prima avviene sotto forma di corrente continua a basso voltaggio ottenuta mediante raddrizzatori. In una tipica azienda galvanica questo utilizzo può stimarsi in una percentuale tra l'80 ed il 90% del totale dell'energia elettrica utilizzata. L'impiego di energia in procedimenti galvanici può vedere in generale l'applicazione di un voltaggio compreso tra i 2 e gli 8 Volts con una densità di corrente compresa tra i 0.5 ed i 10 Ampere per decimetroquadro a seconda delle lavorazioni e delle specifiche condizioni di trattamento. Per le lavorazioni rotobarile l'intervallo di voltaggio è in generale definito da un minimo di 6 ad un massimo di 15 Volts per ottenere una densità di corrente compresa tra 0.5 e 2 A/dm^2. Non mancano come sempre eccezioni, come per esempio per la cromatura a spessore o cromo duro nella quale si possono indicare da 5 a 8 Volts per una densità di corrente che può andare da 30 fino a 250 A/dm^2.

Energia termica
Questo tipo di energia è utilizzato poiché risulta necessario mantenere le soluzioni operative a determinate temperature perché si effettui correttamente l'operazione di preparazione, trattamento e fintura specifica.
La temperatura più elevata (>80°C) è raggiunta in una fase di pre-sgrassatura a base acquosa, soluzione che consente di eliminare unti, olii, grassi e paste di pulitura metalli, evitando in genere il ricorso ai solventi. Al di là di questa fase particolare le temperature massime saranno comprese in genere tra i 30°C ed i 65°C, mentre frequenti sono le soluzioni che lavorano a temperatura ambiente o che non hanno bisogno di riscaldamento supplementare.
Esistono inoltre casi in cui può essere necessario il raffreddamento della soluzione, ad esempio in alcuni bagni al cromo.

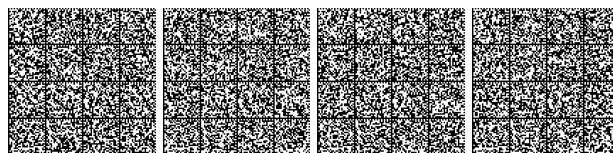
Metalli
Si possono distinguere i metalli utilizzati in forma massiva (Nichel, Zinco, Rame etc..) da metalli utilizzati in forma di sali e/o composti.

- *Metalli in forma massiva*: in generale si debbono sempre utilizzare prodotti estremamente raffinati e di elevata qualità, come ad esempio il Nichel elettrolitico High Grade min.99.97%. Le pezzature sono espresse in polllici o in centimetri e possono variare a seconda delle necessità . Vengono normalmente utilizzate piastre di nichel da 10 X 10 cm o da 2 X 2 cm.
  Lo zinco viene fornito in sfere rendendo possibile nei più moderni impianti la ricarica automatica dei cestelli.
  Altri metalli in forma massiva utilizzati sono quelli che vanno a costituire gli anodi insolubili o poco solubili in certi trattamenti. Ad esempio gli anodi di ottone per i bagni di ottonatura o quelli in piombo per i bagni di cromatura.
- *Metalli in forma complessata*: la tendenza attuale è quella di utilizzare sempre meno metalli in forma complessa con sali cianurati. Si sono sviluppati via via ad esempio cicli di zincatura acida o di zincatura alcalina senza cianuri allo scopo di eliminare una sostanza indesiderata dagli stessi produttori. Talora per ragioni tecniche non risulta possibile comunque operare con le soluzioni alternative.
- *Altri composti metallici*: sotto forma di solfati o cloruri metallici possono essere utilizzati o una tantum, al momento della formazione del bagno iniziale, o con aggiunte più o meno frequenti in funzione del consumo.

Prodotti chimici

- *Prodotti chimici di base*: sono normalmente utilizzati prodotti acidi e basici (soda caustica, acido solforico, acido cloridrico, acido borico…) a seconda delle lavorazioni eseguite. Gli stessi prodotti, con altri, saranno acquisiti come reagenti necessari al processo depurativo degli effluenti (soda caustica, acido solforico e/o cloridrico, sodio bisolfito, ipoclorito di sodio, acqua ossigenata, sodio idrosolfito, carboni attivi,...)
- *Specialità chimiche*: il mercato nazionale delle cosiddette specialità chimiche destinate al settore consta di un valore di circa 100 miliardi delle vecchie lire. Si possono stimare in una ventina le imprese fornitrici più significative del settore, di norma multinazionali o aziende italiane consociate con aziende estere. In massima parte si tratta di additivi chimici ad azione livellante, splendogena, brillantante o che tendono a favorire il processo di elettrodeposizione dando certe caratteristiche (es.duttilità), che sono di norma dosati con sistemi automatici ed in percentuali estremamente ridotte nella soluzione operativa. Altri additivanti sono forniti allo scopo di ridurre la tensione superficiale dei liquidi e favorire lo sgocciolamento prima dei lavaggi in modo da contribuire a ridurre il drag-out. Alcuni prodotti specialistici schiumogeni od in gel sono utilizzati per ridurre le emissioni aeriformi dalla superficie della soluzione e sono denominati antifumo.

2.9.0.1. Emissioni (Output)

Acque reflue
Il settore ambientale più rilevante per le attività di trattamento delle superfici metalliche (e plastica) è quello relativo al trattamento delle acque reflue.
Dal lato dell'input è stata indicata la necessità della risorsa in funzione delle operazioni principali e specifiche che ne originano l'utilizzo. Dal lato dell'output potranno verificarsi 2 tipi di problematiche, una di tipo qualitativo ed una di tipo quantitativo.

Qualitativamente le acque reflue dovranno essere depurate secondo le tabelle vigenti nel territorio, ovvero :
- in generale secondo quanto stabilito dal Decreto Legislativo 11 maggio 1999, n. 152;
-in particolare per il bacino scolante in Laguna di Venezia da quanto stabilito dalle norme particolari.
Gli scarichi di acque reflue dovranno quindi rispettare i parametri stabiliti in relazione alle specifiche tabelle previste per scarichi sul suolo, in acque superficiali, in fognatura.

In relazione alle Migliori Tecniche Disponibili, come espresse nei lavori svolti dalle commissioni comunitarie competenti, si dovrà in generale tener conto delle diversità legislative e nei limiti espressi, in mg/litro nei diversi paesi, per contestualizzare in Italia l'estensione o meno di determinate tecnologie. In altre parole le limitazioni molto più restrittive nei parametri di concentrazione ammessi allo scarico nel nostro Paese potranno avere risvolti quantitativi oltrechè qualitativi.

Quantitativamente le limitazioni proprie del nostro Paese su parametri quali solfati, cloruri, fosfati, boro rendono difficilmente praticabile oltre certi limiti il riutilizzo della risorsa idrica più volte negli stessi processi. In altre parole limitazioni su parametri non "governabili" impediscono più ricircoli della stessa acqua per ridurne quantitativamente l'impiego.
Nell'ottica delle MTD, vanno tenute presenti le due considerazioni:

1. "Scarico zero" o "zero discharge" viene definito come "non effettuazione dello scarico a livello locale" e non ha rilevanza per come viene intesa la direttiva 96/61 CE. In altre parole la prassi per cui una autorità locale pur non vietando l'attività d'impresa ne impedisca di fatto l'output idrico non concedendo l'autorizzazione allo scarico locale, conduce al trasporto delle acque reflue stesse presso altro operatore che le depurerà trattandole come rifiuto. In linea teorica potrebbe darsi il caso che le acque depurate in loco vengano cedute a terzi per effettuare uno scarico altrove, e di fatto l'operatore per ragioni di economia di costi sarà portato a concentrare maggiormente i reflui e quindi a cederli a terzi autorizzati al trattamento ed allo scarico che avverrà in località diversa dal sito di origine. In realtà quindi lo scarico zero individua solo uno spostamento delle emissioni da un luogo/operatore ad un altro.
2. La nozione di "ciclo chiuso" non può essere considerata assoluta, assumendo che non può sussistere un ciclo completamente chiuso. Il concetto è stato espresso nel cambiamento della definizione inglese da "closed loop" a "closing the loop", ovvero esprimendo un concetto che in italiano potrebbe essere reso con la frase "cercando di chiudere il ciclo". In altre parole qualsiasi tecnologia che conduca ad un recupero di materiali dai lavaggi non potrà mai evitare dei reflui residui o dei rifiuti liquidi concentrati (o al limite solidi). Anche nell'ipotesi di cicli chiusi parziali, relativamente a dati trattamenti, non potrà in genere evitarsi l'innalzamento della soluzione operativa oltre i limiti consentiti dalla tecnica e quindi il dover procedere a dei "tagli" della soluzione operativa per ridurne la concentrazione. Il ciclo chiuso viene altresì raccomandato per la lavorazione di cadmiatura, viene inoltre riconsciuto come applicabile in misura maggiore laddove il ritmo di immersione/estrazione dei pezzi sia molto lento come ad esempio la cromatura a spessore.

Rifiuti
E' il secondo settore ambientale che merita particolare attenzione per le attività di cui si tratta.
Potranno esservi rifiuti

- di tipo solido (es. fangoso palabile) derivanti da un processo di depurazione chimico fisico con successive operazioni di disidratazione mediante dispositivi o macchinari adatti a tale scopo (filtropressa, sacchi filtranti, centrifughe,…);

- di tipo fluido (es. fangosi pompabili) qualora non si proceda in loco alla disidratazione;
- di tipo liquido, per effetto di tecniche che tendano a chiudere il ciclo (eluati da rigenerazione resine, concentratori sottovuoto, evaporatori); per effetti indotti dalle stesse tecnologie allorchè bagni concentrati debbano essere parzialmente tagliati sottraendone una parte da avviare a smaltimento per sostituire tale parte con acqua nella soluzione operativa.

Bisogna inoltre considerare le operazioni di manutenzione ordinaria e straordinaria di pulizia, sia dell'interno delle vasche che dell'ambiente di lavoro in generale, come fonti di rifiuti da trattarsi in maniera analoga ai precedenti. Alcune tecniche che consentono il prolungamento della vita del bagno galvanico potranno anche esse dar luogo a dei residui (es. procedimenti di decarbonatazione effettuati per certi processi di zincatura elettrolitica).

Minimizzazione della produzione dei rifiuti

I procedimenti di recupero sono di estrema importanza in questo settore ambientale. Possiamo distinguere essenzialmente tre tipologie di recupero:

- Recupero interno con riciclo interno, ovvero applicazione di tecniche tali da minimizzare la produzione di rifiuti attraverso l'aumento di efficienza nell'utilizzo di risorse nei processi (prevenzione) o attraverso tecniche da applicarsi "ex post" tendenti a rendere gli scarti riutilizzabili. Gli scarti potranno essere riutilizzabili "in situ".
- Recupero interno con riciclo esterno quando gli scarti non possono essere riutilizzati nello stesso impianto che li ha prodotti ma solo presso altri operatori appartenenti al settore o esterni al settore.

Ad esempio il recupero di un dato metallo da un liquido concentrato potrà essere attuato mediante una cella elettrolitica. Se il metallo ottenuto sarà di caratteristiche idonee al riutilizzo nell'impianto del produttore avremo recupero con riciclo interno, se il metallo sarà recuperabile da una fonderia si avrà recupero con riciclo esterno.

- Recupero esterno quando la tecnologia per il recupero non è di possibile o conveniente applicazione presso il singolo operatore ma solo presso impianti esterni centralizzati (impianti ad economia di scala). Per esempio il recupero di metallo da fanghi di depurazione galvanici può convenientemente essere attuato presso strutture centralizzate che fruiscono di "know-how" specifici sia in termini di processo che in termini di mercato di sbocco.

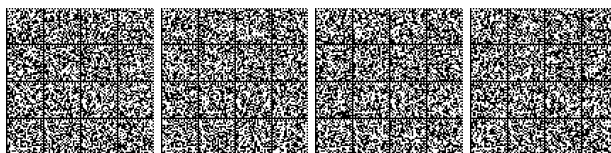
Nella stesura del BRef si è tenuto conto delle diverse opzioni di recupero possibili e pur considerando importante il recupero esterno si è ritenuto di privilegiare tecniche di recupero interno poiché più in generale si ritiene che :
1/ non tutti gli Stati Membri abbiano a disposizione nel proprio territorio impianti centralizzati di recupero
2/ il recupero esterno sia influenzato dalle variazioni di prezzo delle materie prime corrispondenti alle materie prime recuperate.

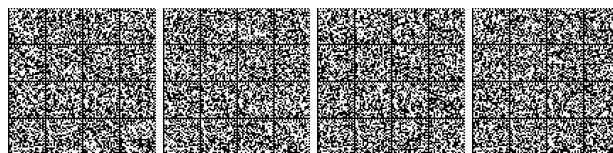
Altri output

Dal punto di vista ambientale non risultano normalmente rilevanti, per gli impianti di trattamento superfici su metallo e plastica, le emissioni aeriformi, le emissioni di odori, le emissioni di rumori. E' evidente che si dovrà verificare che la specifica installazione ricada nell'ambito della normalità.
Per le **emissioni aeriformi,** la raccomandazione è di non accentuarle in quanto la normale evaporazione non provoca problematiche ambientalmente rilevanti; una aspirazione troppo potente, invece, estrae meccanicamente gocce di liquido, che tenderebbero, in fase di uscita dei pezzi, a ricadere nella soluzione operativa; saranno le norme a tutela della salute dei lavoratori a dettare le regole per il livello minimo di aspirazione necessario per l'ambiente di lavoro interno.

Per le **emissioni sonore** non vi sono problematiche specifiche per l'impatto esterno, ma potranno comunque esservi macchinari (centrifughe, ribaltatori, movimentatori) che dovranno sottostare alle norme relative all'ambiente di lavoro e che solo in rari casi potranno avere impatto all'esterno.

2.9.1. INDUSTRIE CHE EFFETTUANO IL TRATTAMENTO SUPERFICIALE DELL'ALLUMINIO

L'alluminio è un metallo che si distingue dagli altri materiali per alcune sue peculiari caratteristiche metallurgiche e tecnologiche.
Le sue principali caratteristiche sono notoriamente la leggerezza, la buona conduttività termica ed elettrica, una discreta resistenza meccanica, una buona plasticità e formabilità e un'ottima resistenza agli agenti atmosferici.
Limitandosi ad un'analisi di quest'ultima caratteristica si può sicuramente affermare che l'alluminio, e la maggior parte delle sue leghe, offre ottime caratteristiche anticorrosive anche in ambienti particolarmente aggressivi.
Il motivo di tale resistenza alla corrosione deriva dal fatto che il metallo si ricopre naturalmente di uno strato uniforme di ossido superficiale in grado di costituire una barriera agli agenti aggressivi esterni.
Oltre a tali sue proprietà intrinsiche, l'alluminio può essere reso ancor più resistente alla corrosione mediante opportuni trattamenti di finitura superficiale, che talvolta contribuiscono anche a migliorarne l'aspetto estetico.
Il trattamento superficiale per eccellenza è rappresentato dall'ossidazione anodica che è stata per lunghi anni la finitura più utilizzata nelle varie applicazioni delle leghe leggere di alluminio. Tale trattamento trova le sue principali applicazioni in edilizia e nei trasporti che ne sfruttano sia le caratteristiche di resistenza alla corrosione, sia l'aspetto estetico. In certi casi è possibile migliorare la durezza superficiale e la resistenza all'abrasione mediante un particolare trattamento di ossidazione cosiddetta "dura" o "a spessore" che può raggiungere spessori di 150 μm.
Negli ultimi due decenni vi è stata una forte crescita, soprattutto in architettura, delle finiture verniciate.
Grazie alla verniciatura l'alluminio oggi è in grado di abbinare le sue elevate caratteristiche di resistenza alla corrosione a soluzioni architettoniche di alto contenuto estetico per via dell'ampia gamma di colori utilizzabili. Negli ultimi anni tale finitura si è arricchita ulteriormente con nuove interessanti soluzioni che vanno dagli effetti metallizzati, ai goffrati e alle decorazioni ad effetto legno, marmo, ecc..
La tematica del colore rappresenta un aspetto essenziale nel continuo sviluppo che caratterizza l'impiego dell'alluminio in edilizia. Una conferma di ciò nasce dal continuo sviluppo che in questi ultimi anni ha avuto la verniciatura in tutte le nazioni Europee.
Negli anni '60, la rapida ascesa del consumo di alluminio anodizzato nell'edilizia sia in Italia che nel resto d'Europa fece nascere l'esigenza, per gli utilizzatori europei, di poter individuare anodizzatori affidabili su cui contare per l'approvvigionamento di alluminio anodizzato di qualità ottimale.
A quel tempo non esisteva ancora un'Associazione europea di anodizzatori, perciò si occupò del problema l'associazione europea dei produttori di semilavorati EWAA (European Wrought Aluminum Association) i cui soci disponevano di laboratori specializzati nel campo dei trattamenti superficiali.
Nacque così il marchio EWAA, che selezionava gli ossidatori in base alle caratteristiche del loro impianto che venivano confrontate con quelle ottimali stabilite in base a studi teorici ed esperienze dei predetti laboratori. Venivano effettuati successivamente controlli che prevedevano ispezioni periodiche sui prodotti.

Tale Marchio veniva gestito, in Italia, dal CENTROAL - Centro Italiano dei Trasformatori Plastici dell'Alluminio e sue Leghe - costituito presso l'Associazione Nazionale Industrie Metalli non ferrosi - ASSOMET - e socio italiano della stessa EWAA. Nel frattempo prendeva corpo l'idea di un'associazione europea degli anodizzatori, basata sulla partecipazione delle Associazioni nazionali, fra le quali una delle prime era stata quella italiana, fondata nel 1958 e denominata CIOA (*), Centro Italiano Ossidatori Anodici. Il CIOA ebbe parte attiva nella fondazione, nel 1971, della associazione europea EURAS. Uno dei primi impegni dell'EURAS, sorta con l'intento di promuovere ricerche ed esperienze tecniche comuni e di svolgere indagini di carattere tecnico ed economico, fu l'accordo con l'EWAA per la gestione del marchio di qualità, raggiunto nel 1973. Nel 1974 venne fondata l'Associazione paritetica EURAS-EWAA proprietaria/titolare dell'omonimo marchio di qualità EURAS-EWAA, successivamente denominato QUALANOD. Nei vari Paesi furono poi fondati Enti (in Italia il QUALITAL) fra le Associazioni Nazionali degli anodizzatori (in Italia il CIOA[2]) e quelle dei produttori di semilavorati (in Italia il CENTROAL) che gestiscono localmente la concessione ed il controllo del marchio QUALANOD.
A tal fine è stata elaborata una direttiva tecnica alla quale si devono attenere tutti gli anodizzatori che hanno il marchio di qualità. Essa prevede non solo che i prodotti finiti possiedano determinate caratteristiche, ma anche che i processi di anodizzazione vengano gestiti nella maniera ottimale per la qualità del prodotto. Il QUALANOD ha definito, per ciascun metodo, dei limiti di accettabilità per tali caratteristiche, oggi universalmente riconosciuti. L'azienda che richiede il marchio deve essere in grado di poter controllare il processo per mantenere le condizioni operative entro i limiti richiesti per una produzione di qualità. Per verificare questo modo di operare l'organismo di gestione del marchio controlla statisticamente spessore e fissaggio dell'ossido sulle partite anodizzate disponbili in occasione delle proprie visite per la concessione del marchio.
La qualità del fissaggio deve rientrare nei limiti stabiliti dal Regolamento, lo spessore deve essere conforme alle richieste del cliente. I risultati delle visite vengono ufficializzati con rapporti tecnici che l'organismo di gestione trasmette alla Segreteria del QUALANOD, a Zurigo, che in base ad essi da parere favorevole o contrario alla concessione del Marchio.
L'azienda da questo momento subisce annualmente almeno due ispezioni senza preavviso, per il controllo dei prodotti e la verifica delle attrezzature di misura e analisi. Se una delle due visite per la concessione del marchio (o una delle successive visite per la tutela del marchio) dà esito negativo, viene effettuata una revisione critica dell'impianto (seguendo le indicazioni del Qualanod) per stabilire se esso è conforme alle direttive esposte nel Regolamento del Marchio per quanto concerne le varie sezioni dell'impianto e le relative procedure.
Si cerca cioè di individuare eventuali anomalie che possano aver provocato una produzione non ottimale. Se l'impianto non rispetta quanto previsto dalle direttive, il Marchio viene ritirato.
In maniera analoga all'ossidazione, esiste anche il marchio di qualità dell'alluminio verniciato denominato QUALICOAT.
Il primo passo in questo senso è stato la costituzione di un'Associazione europea di verniciatori nella quale convergono le associazioni nazionali. Successivamente, nel 1986, su iniziativa di alcune nazioni, si è proceduto alla costituzione del marchio QUALICOAT.
In Italia l'associazione nazionale che lo gestisce è il QUALITAL.
La struttura organizzativa è analoga a quella precedentemente citata per il QUALANOD. Ovviamente sono state cambiate le direttive tecniche, per quel che riguarda il prodotto, specifiche per l'alluminio verniciato. In questo caso il controllo è stato esteso anche ai fornitori di prodotti vernicianti.

[2] Dal 1994 CIOA (Centro Italiano Ossidatori Anodici) e VECTAL (Associazione dei verniciatori conto terzi), si sono fuse dando origine ad un'unica associazione, l'AITAL (Associazione Italiana Trattamenti superficiali Alluminio)

2.9.1.1. Dati sulla produzione

Il totale del verniciato, considerando tutti i settori di applicazione, nel 2002 ha fatto registrare in Italia una produzione di circa 227.000 tonn., mentre in Germania si sono raggiunte 215.000 tonn, in Spagna 194.000 tonn., in Grecia 94.000 tonn e in Francia 81.000 tonn

Sicuramente questo successo deriva dalle enormi possibilità cromatiche offerte dai prodotti vernicianti.

Si è in grado, infatti, di accontentare anche l'utilizzatore dai gusti più difficili e di formulare nuovi colori adattandoli a particolari ambienti; anche se questo ha creato dei grossi problemi ai verniciatori ed ai fornitori per via delle numerose tinte che devono avere disponibili e creando nel contempo delle difficoltà ad abbinare colori della stessa tinta RAL.

L'anodizzazione non è in grado di competere con questa concorrenza cromatica e rispetto alla verniciatura offre una gamma ridottissima. Occorre comunque dire che la finitura anodizzata si differenzia notevolmente dal verniciato per il suo caratteristico aspetto metallico; il fatto che si tenti di imitarlo con delle vernici sta a dimostrare una sua apprezzata richiesta.

Il colore più resistente e più stabile è l'elettrocolore (con le tonalità dallo champagne al nero) e può trovare applicazione sia in centri storici, sia abbinato con finiture verniciate.

Per l'anodizzazione esistono solo pochi altri colori a base di pigmenti organici, utilizzabili in esterno, che in Italia trovano scarso impiego per ragioni di prezzo come, per esempio, il rosso, il turchese ed il blu. Nell'ultimo periodo sono state sviluppate interessanti tecniche che dovrebbero consentire di ottenere nuovi colori (grigi, blu, rossi) mediante modifica dello strato barriera dell'ossido anodico , sfruttandone le diverse situazioni di interferenza ottica.

E' risaputo che le finiture superficiali seguono l'andamento del mercato dei semilavorati, in particolare di quelli estrusi per cui risulta opportuno presentare un quadro della situazione di tale settore negli ultimi anni.

La produzione Europea di semilavorati nel 2002 è cresciuta rispetto al 2001 del 2,6% ed ha raggiunto 6,7 milioni di tonnellate. In particolare i laminati sono cresciuti del 3,4% mentre gli estrusi hanno fatto registrare un aumento dell'1,2%.

La domanda di laminati (3,5 milioni di tonnellate nell'Europa occidentale), è aumentata in maniera significativa (4,1%) grazie soprattutto allo sviluppo di nuove applicazioni di questa tipologia di semilavorati.

Molto più limitata è stata invece la domanda di estrusi che si è attestata ad un +0,4%.

Per quanto riguarda l'Italia, la produzione di semilavorati ha fatto registrare un diverso andamento rispetto alla media Europea; infatti ad una discreta crescita degli estrusi, la cui produzione si è attestata a 438.100 tonnellate (+2,3%), i laminati hanno risposto con un calo del 3,8% rispetto al 2001 raggiungendo una produzione di 388.100 tonnellate. Fortunatamente, nel primo semestre del 2003, hanno fatto registrare un cambio di rotta facendo registrare discreti aumenti rispetto al 2002.

Il mercato Europeo delle finiture superficiali (cfr. fig. 3) ha fatto registrare interessanti crescite sia per l'anodizzato (passato da 635.000 a 672.000 tonnellate) che per il verniciato (passato da 1.086.000 a 1.147.000 tonnellate); in entrambi i casi non sono state considerate le finiture su coils.

I principali produttori Europei (cfr. figg. 4 e 5) sono stati nell'ordine l'Italia, la Germania, la Spagna e la Francia, a cui si aggiunge, limitatamente alla verniciatura, la Grecia.

In Italia, nel 2002, sono state prodotte in totale 227.000 tonnellate di alluminio verniciato (199.000 in Architettura e 28.000 nell'Industria) e 200.000 tonnellate di anodizzato (60.000 in architettura e 140.000 nell'Industria).

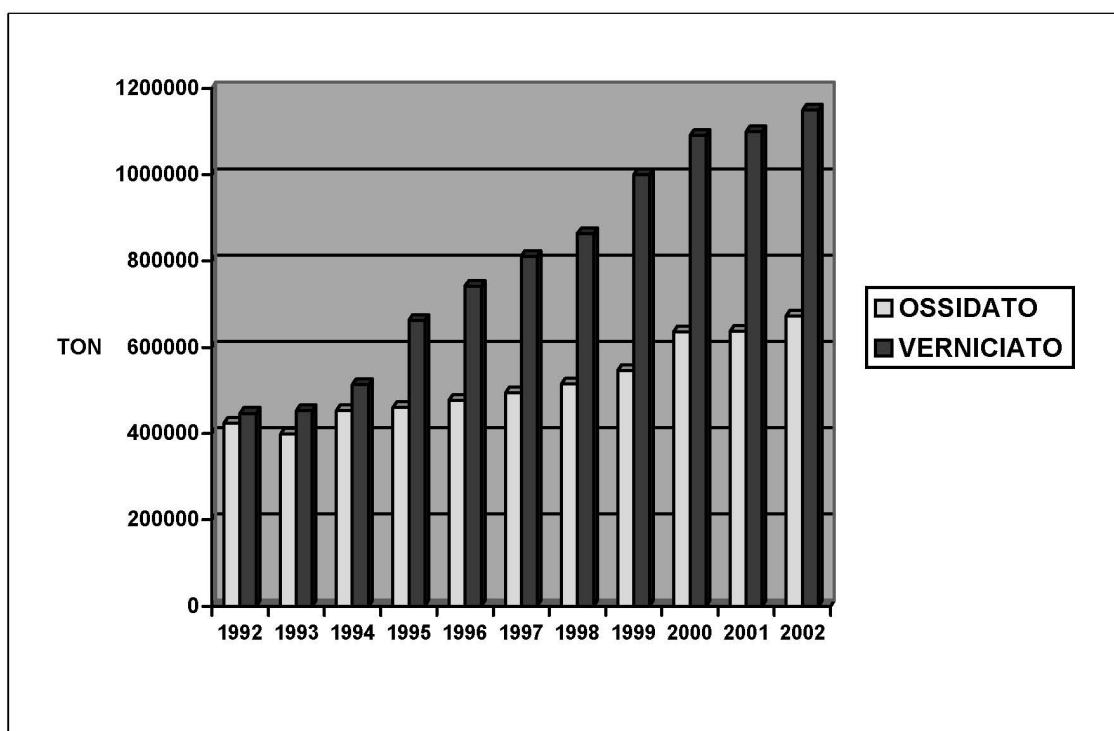



Fig. 3 – Andamento della produzione totale europea di ossidato e verniciato dal ’92 al 2002

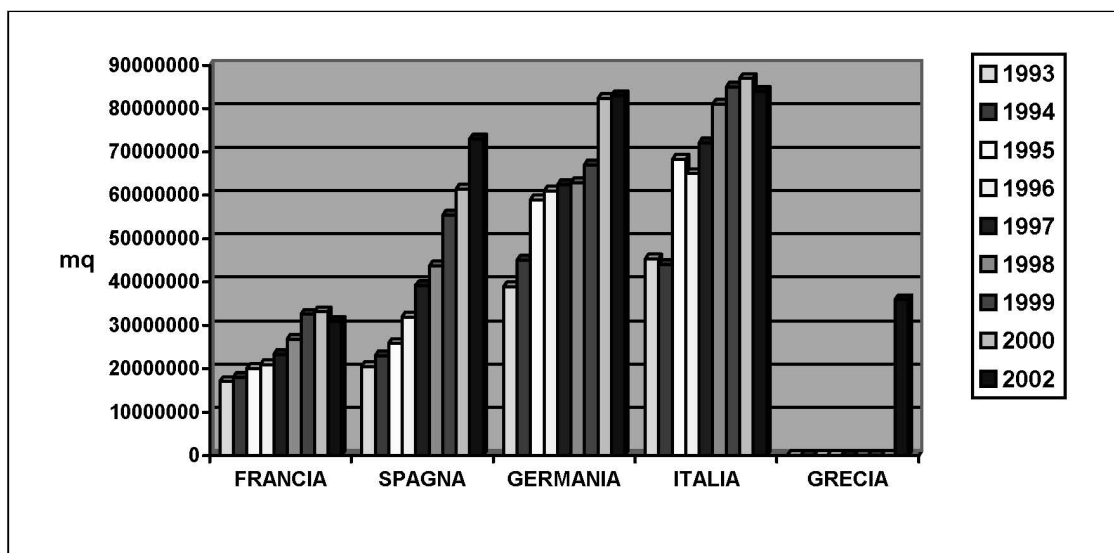



Fig. 4 – Verniciatura – principali produttori europei

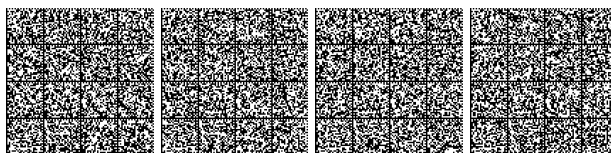
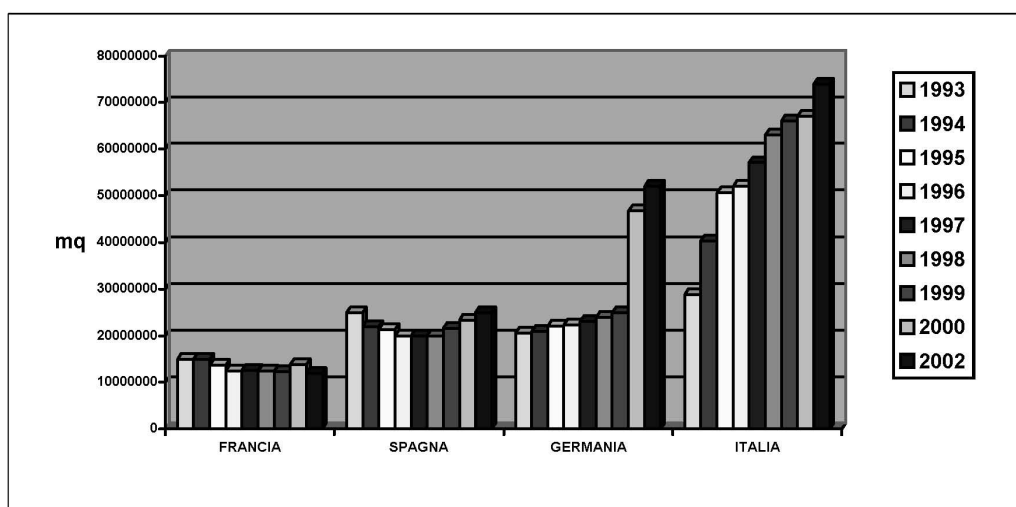
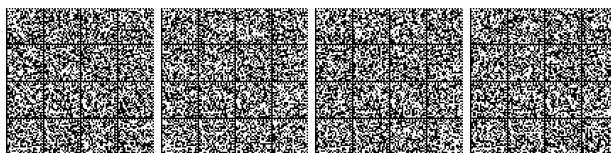



Fig. 5 – Anodizzazione – principali produttori europei

2.9.1.2. Distribuzione territoriale degli impianti

Secondo stime dell'AITAL (Associazione Italiana Trattamenti superficiali Alluminio), operano in Italia circa 180 aziende di ossidazione anodica e circa 230 aziende di verniciatura dell'alluminio. Le ditte associate all'AITAL, per quanto rappresentino numericamente, rispettivamente, circa 1/3 (ossidazione anodica) e 1/4 (verniciatura) della totalità degli impianti, in termini di capacità produttiva rappresentano invece circa il 70% dell'intera produzione nazionale sia in ossidazione anodica che in verniciatura.
Nella tabella seguente è riportata, in termini percentuali, la dislocazione degli impianti di ossidazione anodica e di verniciatura nel territorio nazionale (stime AITAL).

REGIONE	OSSIDATORI	VERNICIATORI
LOMBARDIA	30%	18%
PIEMONTE	7%	3%
VENETO	11%	14%
FRIULI V. G.	2%	3%
TRENTINO A. A.	7%	4,5%
EM. ROM.GNA	15%	3%
TOSCANA	6,5%	6%
LIGURIA	0%	3%
ABRUZZO MOL.	7%	11%
MARCHE	6,5%	7,5%
LAZIO	2%	6%
PUGLIA	2%	4,5%
CAMPANIA	4%	6%
CALABRIA	0%	3%
SICILIA	0%	6%
SARDEGNA	0%	1,5%

Tabella 4 – Dislocazione degli impianti di ossidazione anodica e di verniciatura

2.9.1.3. Numero personale impiegato

Sempre secondo stime AITAL il comparto finiture su alluminio occupa oggi in Italia circa 1700 persone in ossidazione anodica e circa 2500 persone in verniciatura.

2.9.1.4. Dati macroeconomici

In termini di fatturato il comparto Italiano di ossidazione anodica si attesta intorno ai 130.000.000 Euro, mentre la verniciatura è intorno ai 145.000.000 Euro (stime AITAL)

2.9.1.5. Impatto ambientale del settore

I problemi ecologici delle aziende che operano nel settore dell'ossidazione anodica e nella verniciatura dell'alluminio possono essere ricondotti ai seguenti:

2.9.1.5.1. Ossidazione anodica

- Elevati consumi di acqua e relative acque reflue
- Forte produzione di fanghi e loro smaltimento

Il consumo di acqua negli impianti di ossidazione anodica è dovuto a due fattori e precisamente:

- Raffreddamento
- Lavaggio

La riduzione dei consumi delle acque di lavaggio porta a impianti di depurazione più semplici, meno ingombranti e meno costosi. Entrando più nel dettaglio, le principali tecniche esistenti per ridurre i consumi delle acque di lavaggio sono:

- Lavaggio in cascata controcorrente
- Scambio ionico e recupero acque reflue
- Controllo dei lavaggi

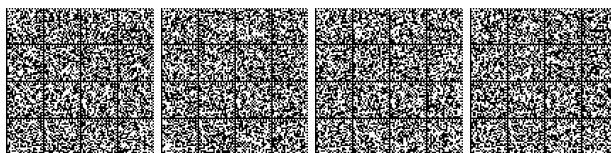
Queste soluzioni non sempre sono perseguibili, in particolare nei vecchi impianti di anodizzazione, mentre i nuovi possono usufruire di questa tecnologia.

2.9.1.5.2. Verniciatura

In relazione alle singole fasi di attività i principali impatti sull'ambiente sono dovuti a:

- Scarichi di acque reflue
- Emissione di inquinanti in atmosfera
- Produzione di rifiuti

Gli impatti principali relativi al processo di verniciatura sono da ricercare nella fase di pretrattamento, e più precisamente:

- Scarichi idrici dovuti essenzialmente alle acque di lavaggio dei vari pre-trattamenti che possono contenere sostanze inquinanti come il cromo esavalente, che viene trattato prima del suo sversamento, e l'acido fluoridrico oltre a sostanze acide e basiche di varia natura
- Emissioni in atmosfera dovute all'aspirazione dei vapori prodotti nei pre-trattamenti, che lavorano a temperatura maggiore di quella ambiente, contenenti tracce più o meno consistenti delle sostanze presenti nei prodotti utilizzati.

3. DESCRIZIONE DEI PROCESSI PRODUTTIVI

3.1. IL PROCESSO PRODUTTIVO NEI TRATTAMENTI ELETTROLITICI

Fig. 6 – Schema del processo produttivo

Nella sua forma più generale, il processo è articolato in 3 macro fasi:

-*Preparazione o pretrattamento*: composto da fasi di preparazione che non alterano la superficie; non può neppure definirsi trattamento in senso stretto in quanto se si interrompesse il ciclo produttivo durante una delle fasi di preparazione la superficie si deteriorerebbe rapidamente. In altre parole non vi sarebbe alcun effetto da tale pre-lavorazione a vantaggio della superficie trattata. L'utilità della fase di preparazione o pretrattamento è finalizzata a render possibile il trattamento vero e proprio.

-*Trattamento*: con questo si intende il trattamento principale sia esso chimico od elettrolitico teso ad alterare la superficie conferendo caratteristiche e funzionalità diverse (più oltre descritte).
Il pezzo o la superficie trattate acquisiscono una nuova struttura superficiale ovvero subiscono una alterazione che può essere :

- Con apporto di materiale (deposizione od elettrodeposizione)
- Senza apporto di materiale (elettrolucidatura, elettroerosione, ossidazione anodica)

In virtù di trattamenti :

- **Chimici** (esempi: nichelatura chimica, ramatura chimica, fosfatazione al manganese o allo zinco etc..)
- **Elettrochimici** (esempi: ossidazione anodica, nichelatura elettrolitica, zincatura elettrolitica, ramatura elettrolitica.)

Si citano, inoltre, anche se non rilevanti in questa sede: trattamenti termici, meccanici, sottovuoto.

La fase generale di trattamento può essere singola ma anche composta da più elettrodeposizioni, ad esempio su un supporto in acciaio al carbonio potranno essere effettuati 2 trattamenti come ramatura e successiva nichelatura, oppure nichelatura opaca e successiva nichelatura lucida, etc.

-*Finitura o finissaggio*: con questo termine si intende un ulteriore trattamento, che completa il ciclo produttivo ed altera ancora la superficie con trattamenti :

- **Chimici** (esempi: passivazione, fissaggio, sigillatura)

- **Elettrochimici** (esempi: cromatura decorativa, ottonatura, doratura, argentatura, stagno-cobalto).

In ogni caso, non si deve confondere la cromatura a spessore o cromatura dura, che è un trattamento, con la cromatura decorativa che si sostanzia in una finitura della nichelatura (elettrodeposizione di un flash di cromo normalmente inferiore al micron); come non si deve confondere la ottonatura a spessore, che è un trattamento, con l'ottonatura decorativa che è una finitura decorativa. Questo accade anche per altre finiture (doratura, argentatura,…)

Fanno parte del finissaggio ulteriori trattamenti, ad esempio di verniciatura, che si rendono talora necessari o per esigenze tecniche (verniciatura di particolari zincati) o per esigenze decorative (colorazione) o per esigenze di protezione di finiture deboli od ossidabili (esempi: ottonatura decorativa, nichelatura nera, nichelatura satinata, etc).
I trattamenti galvanici sono sempre più utilizzati per preparare il substrato metallico per successive fasi di finitura mediante applicazione di nanotecnologie come ad es. il PVD. In altre parole procedimenti di applicazione di film sottili in fase gas di nitruro di titanio, carbonitruro di titanio, alluminio, zirconio, etc. necessitano di superfici trattate con riporti galvanici.

A complicare le cose può subentrare una fase di pre-trattamento anche tra trattamento, come definito, e finissaggio. Anche in tal caso non si tratta di procedimenti di alterazione della superficie ma di pretrattamenti che tendono a modificare lo strato umido sovrapposto alla superficie dal trattamento ovvero sull'interfaccia liquida, sia per motivi di tensione superficiale che per motivi di pH (può essere necessario attutire od ampliare lo sbalzo tra pH della soluzione precedente con quello della soluzione successiva, ovvero limitare fenomeni di induzione di film passivi all'interfaccia).

3.1.1. Individuazione delle singole fasi del processo

Le singole fasi sono numerate mediante un numero progressivo che servirà ad individuarle univocamente nel seguito del documento

3.1.1.1. Fasi di preparazione o pretrattamento

Il pretrattamento viene esemplificato in 8 fasi tipiche che possono comunque variare a seconda delle lavorazioni e dei prodotti trattati.

1 – carico (aggancio se impianti a telaio)
2 - pre-sgrassatura
3 - lavaggio
4 - decapaggio
5 - lavaggio
6 - sgrassatura
7 - lavaggio
8 - attivazione / neutralizzazione

3.1.1.2. Fasi di trattamento

9 - bagno di deposizione (elettrolitica o chimica)
10 - recupero
11 – lavaggio

3.1.1.3. Fasi di finitura o finissaggio

Il finissaggio è articolato in modo diverso a seconda del tipo; il seguente elenco non può e non vuole essere esaustivo, ma individua dei casi relativamente più frequenti.

La cromatazione della zincatura può essere di varie tipologie in base alla colorazione richiesta, essa è articolata nelle seguenti fasi:
A 12 - cromatazione
A 13 - lavaggio
A 14 - sigillatura (eventuale)
A 15 - asciugatura

La cromatura decorativa è articolata nelle seguenti fasi:
B 12 - attivazione
B 13 - lavaggio
B 14 - cromatura
B 15 - recupero
B 16 - lavaggio

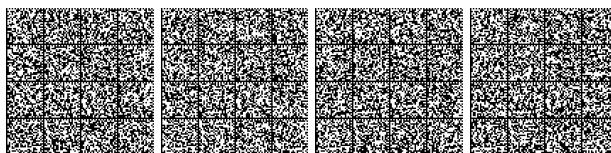
L'ottonatura decorativa è articolata nelle seguenti fasi:
C 12 - ottonatura
C 13 - recupero
C 14 - lavaggio
C 15 - passivazione
C 16 - lavaggio
C 17 - asciugatura (eventuale)
C 18 - verniciatura (eventuale)

Doratura e argentatura sono articolate nelle seguenti fasi:
D 12 - doratura o argentatura
D 13 - recupero
D 14 - lavaggio

3.1.2. Descrizione delle singoli fasi del processo elettrolitico

3.1.2.1. Preparazione

Carico (1)
Il carico degli articoli da sottoporre a trattamento può essere effettuato manualmente da singoli o da gruppi di operatori nel caso gli articoli debbano essere fissati su telaio oppure può essere automatizzato nel caso in cui gli articoli siano caricati entro i rotobarili oppure riguardino produzioni in continuo (esempio: wire processing).

Pre-sgrassatura (2)
La pre-sgrassatura è finalizzata a rimuovere olio, sporco, paste di pulitura metalli e quant'altro dalla superficie del metallo da trattare senza alterare la superficie stessa. Viene effettuato con processi fisici o mediante soluzioni acquose alcaline, sia elettrolitiche sia non elettrolitiche, riscaldate.

Lavaggio (3)
Il lavaggio è finalizzato a rimuovere dalla superficie del metallo da trattare i residui del bagno precedente. Viene effettuato mediante l'immersione dell'articolo in vasca di acqua corrente.

Decapaggio (4)
Il decapaggio è finalizzato a rimuovere dalla superficie dei supporti di acciaio al carbonio da trattare fasi ossidate eventualmente presenti senza alterare la superficie dei supporti stessi. Viene effettuato mediante soluzioni acquose acide a temperatura ambiente o leggermente riscaldate.

Lavaggio (5)
Il lavaggio è finalizzato a rimuovere dalla superficie del metallo da trattare i residui del bagno precedente. Viene effettuato mediante l'immersione dell'articolo in vasca di acqua corrente.

Sgrassatura (6)
La sgrassatura è finalizzata a rimuovere dalla superficie del metallo da trattare residue tracce di olio e grasso senza alterare la superficie stessa. Viene effettuata mediante soluzioni acquose alcaline leggermente riscaldate o a temperatura ambiente sfruttando il passaggio di corrente elettrica come accelerante del processo.

Lavaggio (7)
Il lavaggio è finalizzato a rimuovere dalla superficie del metallo da trattare i residui del bagno precedente. Viene effettuato mediante l'immersione dell'articolo in vasca di acqua corrente.

Attivazione o neutralizzazione (8)
Questo processo è finalizzato a rendere compatibile il pH della superficie dell'articolo da trattare con il trattamento di deposizione successivo. Viene effettuato mediante soluzioni acquose moderatamente acide o moderatamente alcaline a temperatura ambiente.

3.1.2.2. Trattamento

Bagno di elettrodeposizione (9)
Questo processo è finalizzato alla deposizione, per via elettrolitica o chimica, sulla superficie dell'articolo da trattare, di un rivestimento dei metalli caratteristici del trattamento (zinco, nichel, cromo, rame, stagno, cadmio, rodio, ...) o leghe (ottone, bronzo, ...); rivestimento che modifica le caratteristiche e le proprietà fisiche, chimiche e meccaniche della superficie stessa. Viene effettuato mediante soluzioni acquose acide o alcaline, a temperatura ambiente o riscaldate.

Recupero (10)
Il recupero è un lavaggio chiuso finalizzato a rimuovere dalla superficie del rivestimento i residui del bagno di deposizione. Viene effettuato mediante l'immersione dell'articolo in vasca chiusa. L'impiego della vasca chiusa consente di recuperare i residui del bagno di deposizione.

Lavaggio (11)
Il lavaggio è finalizzato a rimuovere dalla superficie del rivestimento i residui del bagno di recupero. Viene effettuato mediante l'immersione dell'articolo in vasca di acqua corrente.

3.1.2.3. Descrizione delle finiture o finissaggi

A - Cromatazione della zincatura

Cromatazione (A 12)

La cromatazione è finalizzata ad aumentare la resistenza alla corrosione e a conferire colorazione azzurra, gialla iridescente, verde o nera alla superficie zincata. Viene effettuata facendo reagire chimicamente la superficie del rivestimento di zinco con una soluzione acquosa acida, a temperatura ambiente, contenente sali di cromo.

Lavaggio (A 13)

Il lavaggio è finalizzato a rimuovere dalla superficie del rivestimento i residui del bagno precedente. Viene effettuato mediante l'immersione dell'articolo in vasca di acqua corrente.

Sigillatura (A 14)

La sigillatura è finalizzata ad aumentare ulteriormente la resistenza alla corrosione del trattamento. Consiste nell'applicare sulla superficie un sigillante a base organica (lacca) mediante immersione in soluzione acquosa o a spruzzo.

Asciugatura (A 15)

Viene effettuata mediante insufflaggio di aria calda in forno o mediante centrifuga.

B - Cromatura decorativa

Attivazione (B 12)

L'attivazione è a tutti gli effetti una fase di preparazione intermedia finalizzata a rendere compatibile il pH della superficie dell'articolo trattato con il processo di finissaggio successivo. Viene effettuato mediante soluzioni acquose normalmente alcaline a temperatura ambiente .

Lavaggio (B 13)

Il lavaggio è finalizzato a rimuovere dalla superficie del rivestimento i residui del bagno precedente. Viene effettuato mediante l'immersione dell'articolo in vasca di acqua corrente.

Cromatura(B 14)

La cromatura è finalizzata alla deposizione sulla superficie dell'articolo già nichelato di un rivestimento metallico di cromo. Viene effettuata in soluzione a temperatura ambiente controllata, solo per via elettrolitica.

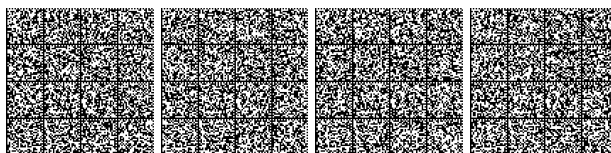
Recupero (B 15)

Il recupero è finalizzato a rimuovere dalla superficie del rivestimento i residui del bagno di finissaggio. Viene effettuato mediante l'immersione dell'articolo in vasca chiusa. L'impiego della vasca chiusa consente di recuperare residui del bagno di cromatura.

Lavaggio (B 16)

Il lavaggio è finalizzato a rimuovere dalla superficie del rivestimento i residui del bagno di recupero. Viene effettuato mediante l'immersione dell'articolo in vasca di acqua corrente.

C - Ottonatura decorativa

Ottonatura (C 12)

L'ottonatura è finalizzata alla deposizione sulla superficie dell'articolo già nichelato di un rivestimento metallico di ottone. Viene effettuata in soluzione a temperatura moderatamente riscaldata, solo per via elettrolitica.

Recupero (C 13)
Il recupero è finalizzato a rimuovere dalla superficie del rivestimento i residui del bagno di finissaggio. Viene effettuato mediante l'immersione dell'articolo in vasca chiusa. L'impiego della vasca chiusa consente di recuperare residui del bagno di ottonatura.

Lavaggio (C 14)
Il lavaggio è finalizzato a rimuovere dalla superficie del rivestimento i residui del bagno di recupero. Viene effettuato mediante l'immersione dell'articolo in vasca di acqua corrente.

Passivazione (C 15)
La passivazione mediante cromatazione è finalizzata ad aumentare la resistenza alla corrosione della superficie ottonata. Viene effettuata facendo reagire la superficie del rivestimento di ottone con una soluzione acquosa normalmente acida, a temperatura ambiente, contenente sali di cromo.

Lavaggio (C 16)
Il lavaggio è finalizzato a rimuovere dalla superficie del rivestimento i residui del bagno precedente. Viene effettuato mediante l'immersione dell'articolo in vasca di acqua corrente.

Asciugatura (C 17)
Viene effettuata mediante insufflaggio di aria calda in forno o mediante centrifuga.

Verniciatura (C 18)
La verniciatura è finalizzata ad aumentare ulteriormente la resistenza alla corrosione del trattamento. Consiste nell'applicare sulla superficie un sigillante a base organica (lacca) mediante immersione in soluzione acquosa o a spruzzo.

D - Doratura e argentatura
Doratura e argentatura (D 12)
Doratura e argentatura sono finalizzate alla deposizione sulla superficie dell'articolo già nichelato di un rivestimento metallico di oro o argento. Vengono effettuate in soluzione a temperatura ambiente o riscaldata, solo per via elettrolitica.

Recupero (D 13)
Il recupero è finalizzato a rimuovere dalla superficie del rivestimento i residui del bagno di finissaggio. Viene effettuato mediante l'immersione dell'articolo in vasca chiusa. L'impiego della vasca chiusa consente di recuperare residui dei bagni di doratura e argentatura.

Lavaggio (D 14)
Il lavaggio è finalizzato a rimuovere dalla superficie del rivestimento i residui del bagno di recupero. Viene effettuato mediante l'immersione dell'articolo in vasca di acqua corrente.

3.1.3. Esempio di processo di trattamento chimico

La fosfatazione statica ed a rotobarile può essere citata come esempio di trattamento chimico.

I rivestimenti di conversione fosfatica sono prodotti per immersione in bagni contenenti le soluzioni e con agitazione delle soluzioni stesse. Durante la lavorazione il bagno si arricchisce di ferro per cui deposita sulla superficie uno strato misto di ferro/manganese o ferro/zinco. La presenza di ferro, oltre ad influire sulla conversione chimica dello strato fosfatico, influisce anche sulla velocità d'attacco iniziale al metallo base e sulla germinazione dei cristalli. L'attacco chimico al metallo base necessario per formare lo strato di conversione fosfatica si esercita in prevalenza sulle microasperità della lavorazione meccanica in modo che sul materiale si ottiene, contemporaneamente al rivestimento, un miglior grado di finitura.

Non si può stabilire a priori un limite minimo o massimo per spessore e peso dello strato fosfatico in quanto gli stessi sono variabili in funzione:
- del materiale costituente il pezzo e le sue condizioni superficiali
- dei precedenti trattamenti meccanici e chimici
- delle condizioni operative del processo di fosfatazione

Lo standard prevede uno spessore non inferiore a 3 micron e non superiore a 8 micron fatte salve le diverse prescrizioni del cliente.

Per quanto riguarda l'aspetto dello strato fosfatico, esso deve presentare un aspetto uniformemente vellutato di colore variabile dal grigio al nero. Disuniformità di colore rilevate su uno stesso particolare entro i limiti sopra indicati non costituiscono causa di scarto. Lo strato deve essere costituito da una struttura microcristallina approssimativamente prismatica a spigoli arrotondati, compatta, uniforme, esente da macchie, da zone non ricoperte, graffi, polvere, residui pulverulenti.
Variazioni minori nell' aspetto del rivestimento fosfatico dovute e a irregolarità superficiali del metallo base o al contatto con i supporti durante il processo di fosfatazione sono comuni e non sono normalmente indicative di oscillazioni importanti della qualità.
Lo strato fosfatico, dopo l' asportazione dell' oliatura, non deve presentare pulviscolo giallo ocra (presenza di melme nel bagno di fosfatazione).

Le fasi del processo sono anche qui di :
1. Preparazione, precondizionamento al trattamento (simile al ciclo precedente).
2. Trattamento, come ad esempio:
   - fosfatazione al manganese come antigrippante;
   - fosfatazione allo zinco come base per successive operazioni di verniciatura;
   - microfosfatazione come base per adesivazione/ancoraggio.
3. Finissaggio, che può sostanziarsi in una semplice oliatura od in un trattamento di passivazione.

Si potrà quindi procedere ad ulteriori finiture come negli esempi già citati.

3.2. Il processo produttivo nei trattamenti di ossidazione anodica e verniciatura dell'alluminio

3.2.1. Finiture anodizzate

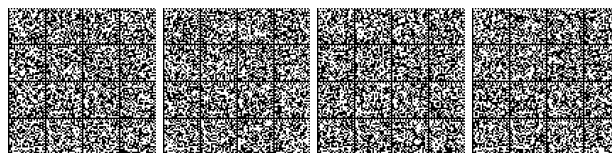
Come già indicato (vedi parag. §3.2), l'anodizzazione rappresenta il primo processo di finitura impiegato industrialmente sull'alluminio. In edilizia è presente ormai da oltre mezzo secolo ed il suo uso continua, oltre che per esigenze estetiche, anche per le caratteristiche di resistenza nel tempo dei manufatti anodizzati. In questo lungo periodo di tempo sono stati eseguiti numerosi studi per verificare, mediante sistemi pratici, le proprietà qualitative intrinseche dello strato di ossido; ed ormai sono noti e fissati in norme sia italiane che estere, i parametri qualitativi ottimali del prodotto.

3.2.1.1. Pretrattamenti all'anodizzazione

L'alluminio, dopo l'eventuale **finitura meccanica**, che serve a conferire un particolare effetto alla superficie, subisce tutta quella serie di processi preliminari che servono a preparare la superficie al trattamento vero e proprio di anodizzazione. La superficie viene pertanto **sgrassata** in apposite soluzioni, **decapata**, eventualmente **satinata chimicamente** per conferirle un aspetto opaco.
Si riporta, di seguito, una descrizione sintetica di questi processi preliminari e delle loro caratteristiche, con particolare riferimento alla realtà italiana.

Trattamenti meccanici preliminari – i trattamenti preliminari hanno lo scopo di eliminare eventuali imperfezioni fisiche superficiali dovute a svariate cause (segni di precedenti lavorazioni, trasporto, manipolazione, etc.) e conferire un aspetto conforme a quanto richiesto dall'utilizzatore (spazzolato, satinato, brillante, etc.).
Le macchine (cfr. BRef) utilizzate allo scopo sono del tipo:

- Pulitrici o smerigliatrici manuali, dette comunemente "mole", vengono utilizzate soprattutto per minuterie, per profilati tagliati in pezzi molto corti e per materiali aventi forme particolari non adattabili alle pulitrici automatiche. L'erogazione dell'abrasivo sui dischi, sotto forma liquida o di pasta in pani, può avvenire a mano o per mezzo di erogatori pneumatici. A seconda del tipo di pasta utilizzata si possono avere risultati diversi.
- Pulitrici semiautomatiche a bancale, funzionano disponendo il materiale da pulire allineato su appositi pianali sui quali passano i dischi o le spazzole rotanti. Queste macchine sono particolarmente indicate per estrusi a lunghezza commerciale (tra i 3 e i 7 m) e per quantitativi consistenti. L'erogazione dell'eventuale pasta abrasiva avviene automaticamente. Il tipo di finitura che si ottiene dipende dal tipo di disco che viene impiegato, dalla velocità di rotazione dello stesso e dalla pressione che il disco rotante esercita sull'alluminio. Usando dischi di scotch-brite è bene mantenere bassa la pressione sul materiale al fine di ottenere una satinatura più regolare unitamente ad una maggiore durata delle spazzole.
- Pulitrici semiautomatiche a transfer, consistono nell'inserire i profilati da trattare all'interno di una serie di spazzole che ruotano affacciate e sovrapposte. Il profilato viaggia orizzontalmente trascinato dalle spazzole e da opportuni rulli guida. Al termine del trattamento esce dalla parte opposta della macchina. Queste pulitrici transfer hanno avuto nell'ultimo decennio un grande successo presso moltissimi anodizzatori. Presentano infatti alcuni vantaggi ormai consolidati dall'uso, quali nella fattispecie:

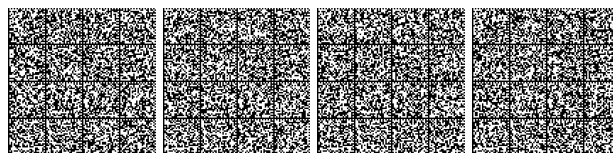
- Uso di spazzole ad elevata durata
- Lubrificazione ad acqua normale (assenza di olii e paste) con riduzione dei problemi di sgrassatura (riducendo così l'impatto ambientale)
- Elevata produttività
- Idoneità anche per materiale corto (al di sopra di circa 50 cm di lunghezza)
- Buon aspetto superficiale

- Relativa economicità rispetto alle macchine a bancale sia come costo della macchina che come costi di gestione

Agganciatura dei pezzi – il processo di ossidazione anodica dell'alluminio si realizza facendo passare una opportuna corrente elettrica attraverso il materiale da trattare. Ne consegue che quest'ultimo deve essere strettamente collegato alla barra anodica per mezzo di appositi conduttori di corrente. Tali conduttori, chiamati col termine di sostegni o pendini, fanno da supporto e collegamento tra il materiale da anodizzare e la barra anodica.
I sostegni vengono generalmente realizzati in lega di alluminio per l'elevata conducibilità elettrica del metallo, la buona lavorabilità, la leggerezza e l'affinità col materiale da anodizzare (importantissima nel caso dell'elettrocolorazione). Per pezzi di piccole dimensioni e che non richiedono elevati spessori di ossido vengono impiegati anche sostegni e ganci in titanio (a meno che i pezzi non debbano essere elettrocolorati).

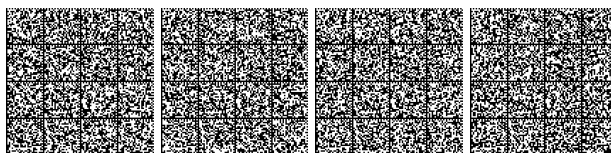
Sgrassaggio – lo scopo di questo trattamento è quello di eliminare dalla superficie dell'alluminio ogni traccia di sostanze organiche, olii, grassi, paste provenienti generalmente dai pretrattamenti meccanici di pulitura e dalle varie manipolazioni che il materiale subisce in precedenza (imballaggio, scarico, agganciatura, ecc.). I principali tipi di sgrassaggio sono i seguenti:

- *Sgrassaggio alcalino* – di gran lunga il più utilizzato, con i seguenti scopi:
  - Bagnare bene il pezzo per venire a contatto con lo sporco
  - Sciogliere lo sporco (per emulsione e saponificazione)
  - Staccare il grasso dal pezzo e portarlo in soluzione
  - Essere attivo ma non intaccare il materiale
  - Eliminare la durezza dell'acqua (sali di Ca^{++} e Mg^{+}) per rendere più efficace l'azione sgrassante

  É intuitivo che tutte queste funzioni non possono essere svolte da una singola sostanza e quindi gli sgrassanti sono in genere una miscela di prodotti chimici ciascuno dei quali svolge una ben precisa azione all'interno di questo trattamento. Qui di seguito si elencano alcune delle categorie di prodotti chimici che partecipano alla formulazione degli sgrassanti con indicata affianco la loro caratteristica:
  - Soda caustica: ottimo saponificante dei grassi, forte aggressività chimica nei confronti dell'alluminio, scarso potere bagnante e detergente
  - Sodio carbonato: meno aggressivo della soda caustica, buon addolcitore dell'acqua
  - Fosfati: buoni addolcitori e sequestranti per il calcio e il magnesio presenti nell'acqua. Alcuni tipi sono ottimi sgrassanti ed efficaci tensioattivi, buoni tamponanti
  - Saponi e detergenti sintetici: funzionano da tensioattivi, cioè abbassano la tensione superficiale sul pezzo e ne favoriscono la bagnabilità, non devono generare troppa schiuma per non provocare macchie sul materiale. I detergenti possono essere cationici, anionici, non ionici. I più utilizzati sono gli anionici e inon ionici. Questi ultimi hanno il vantaggio di non essere influenzati dall'acidità o dalla basicità dell'ambiente (soluzione)
  - Silicati di sodio: ottimi tamponi (per regolare il pH), hanno elevato potere emulsionante per i grassi e buona capacità di evitare l'attacco del metallo
  - Borati, gluconati, etanolammine: aumentano l'efficacia dello sgrassaggio, ne riducono i tempi, inibiscono l'attacco del metallo, hanno elevata azione complessante e sequestrante.

  Queste sono le condizioni operative in linea di massima: il materiale viene immerso in una apposita vasca ad una temperatura tra i 70°C e gli 80°C. Il pH della soluzione è compreso tra 9 e 11. Il tempo di trattamento dipende dal grado di inquinamento in sostanze grasse od olii presenti sul materiale e varia generalmente dai 2 ai 5 minuti. L'introduzione della

pulitura meccanica con spazzola d'acciaio e lubrificazione ad acqua, ha portato, per questo tipo di finitura, il notevole vantaggio della eliminazione delle paste di pulitura con conseguente semplificazione del trattamento di sgrassaggio (che può essere effettuato a temperature inferiori).

- Sgrassaggio elettrolitico – consiste nell'immergere il materiale in una soluzione acida (ad esempio H_2SO_4 al 10%) e sottoporlo a corrente elettrica continua (generalmente catodica) per 1-3 minuti. La tensione può variare dai 5 ai 15V. La temperatura fino a 40-50 °C migliora l'efficacia del trattamento ed i risultati ottenibili. Durante il trattamento elettrolitico sul materiale divenuto catodico, cioè avente carica negativa, si viene a scaricare dell'idrogeno gassoso sotto forma di bollicine che favoriscono il distacco delle impurezze oleose. Le impurezze vengono anche respinte dal materiale perché si caricano dello stesso segno (negativo). Non è conveniente rendere anodico (positivo) il materiale perché, in tal caso, si scaricherebbe su di esso dell'ossigeno con un rendimento in volume dimezzato rispetto a quello dell'idrogeno catodico. L'ossigeno inoltre provocherebbe un'inutile ossidazione superficiale dell'alluminio. Le soluzioni di sgrassaggio hanno di norma una notevole durata che dipende comunque dal tipo e dalla quantità di inquinante organico presente sul materiale. Solitamente esso, avendo densità inferiore alla soluzione e per la presenza dei tensioattivi si accumula sulla superficie del liquido. É consigliabile schiumare via periodicamente questo strato di impurezze (manualmente o mediante un troppo pieno) per evitare che tornino a depositarsi sui pezzi quando si estraggono dalla vasca dopo il trattamento.

Decapaggio– ha lo scopo di asportare lo strato di ossido naturale presente sulla superficie del metallo; può anche essere usato per disossidare cariche di materiale ossidato anodicamente che debbano essere sottoposte ad un nuovo ciclo di trattamento. Il decapaggio si esegue generalmente in una vasca contenente una soluzione di soda caustica (NaOH) ad una concentrazione dai 40 g/l ai 70 g/l (generalmente 50 g/l). La temperatura varia generalmente dai 60°C agli 80°C. In queste condizioni l'alluminio superficiale viene sciolto e passa in soluzione come alluminato di sodio. La quantità di alluminio che si scioglie si può valutare in circa 3 $mg/dm^2/min$. La reazione tra l'alluminio e la soda caustica è fortemente esotermica e la quantità di calore sviluppata è in genere sufficiente a mantenere in temperatura il bagno.
Se la concentrazione della soda caustica cala al disotto dei 20 g/l oppure se il contenuto di alluminio in soluzione sale oltre certi valori (circa 40 g/l), l'alluminato di sodio si decompone e precipita l'idrossido di alluminio. Un kg di alluminio corrisponde a circa 3 kg di idrossido di alluminio. Questo precipitato inizialmente è fioccoso, ma quello che si deposita sul fondo della vasca indurisce molto rapidamente per la parziale disidratazione dovuta all'alta temperatura, fino ad assumere nel tempo una consistenza pietrosa. Per evitare la formazione di queste incrostazioni, si aggiungono alla soluzione di soda caustica opportune sostanze (silicato di sodio, gluconato di sodio) alla concentrazione di alcuni g/l. Questi prodotti fanno si che il precipitato di idrossido di alluminio si mantenga fangoso e quindi facile da eliminare. Non bisogna eccedere nell'aggiunta delle sostanze che impediscono la formazione di incrostazioni dure perché la loro presenza ha anche l'effetto negativo di diminuire l'aggressività della soda caustica nei confronti dell'alluminio con conseguente allungamento dei tempi di decapaggio. É invece opportuno mantenere la vasca di decapaggio in condizioni di attività tali da ridurre al minimo i tempi di disossidazione, che rappresentano una fase "passiva" nel ciclo di lavorazione. Va ricordato che un decapaggio troppo spinto porta i seguenti svantaggi:
- Maggior consumo di prodotti chimici
- Maggior erosione dei sostegni portapezzi

- Minor durata del bagno di decapaggio per il più rapido inquinamento in alluminio disciolto

Un decapaggio troppo lento richiede la disponibilità di maggiori quantità di pendini e materiali di agganciatura per soddisfare con continuità le esigenze del ciclo produttivo.

Satinatura chimica – É il trattamento che serve a conferire all'alluminio un aspetto più opaco. Nella vasca di trattamento viene anche trattato (per tempi biù brevi) anche l'alluminio pretrattato meccanicamente, al fine di livellare ed uniformare la superficie trattata, con indubbi benefici sotto l'aspetto estetico e di riproducibilità della finitura. La composizione della soluzione nella vasca è paragonabile a quella del decapaggio; la sua particolarità è quella di avere una minore aggressività chimica atta a conferire una finitura superficiale opaca, omogenea, con una grana di satinatura molto fine ed apprezzabile esteticamente. La soluzione è costituita da soda caustica (40÷60 g/l) più vari additivi che servono ad attenuare l'attacco del materiale e ad affinare la grana superficiale della satinatura che si desidera ottenere. Altro compito degli additivi è quello di sequestrare l'alluminio disciolto e di impedirne l'indurimento in fase di precipitazione. Alcuni dei prodotti utilizzati come additivi sono: gluconato di sodio, eptonato di sodio, acido tartarico, borati, acido salicilico, etanolammine. Le concentrazioni sono di solito di alcuni grammi per litro. La temperatura di esercizio di un bagno di satinatura varia dai 50 ai 65 °C. I tempi di trattamento vanno dai 2 ÷ 3 minuti per il materiale precedentemente spazzolato, ai 12 ÷ 15 minuti per il materiale grezzo da satinare chimicamente. La durata della satinatura dipende dalla qualità del materiale di partenza (presenza o meno di graffi o segni di estrusione in superficie) ed è in stretta correlazione con la temperatura e la concentrazione del bagno. Una temperatura o concentrazioni molto elevate riducono i tempi del trattamento ma generano solitamente una grana superficiale più grossa e qualitativamente meno apprezzata.

I satinanti offerti sul marcato sono di diversi tipi:

- Satinante solido completo
- Additivo solido
- Satinante completo già in soluzione

Ciascuno dei suddetti prodotti presenta dei pro e dei contro che vanno attentamente valutati a seconda del tipo di impianto e della organizzazione del lavoro (possibilità di stoccaggio delle soluzioni, modalità di aggiunta dei prodotti, periodicità dei controlli chimici, etc.). Se si devono satinare delle lamiere è bene abbassare la temperatura per evitare che il materiale si asciughi uscendo dalla vasca formando delle macchie di difficile rimozione.

Neutralizzazione – il materiale da anodizzare, dopo essere passato nei trattamenti alcalini di sgrassaggio e di satinatura chimica (seguiti dai relativi lavaggi), viene immerso brevemente nella cosiddetta vasca di neutralizzazione acida. Gli scopi di questo trattamento sono i seguenti:

- Eliminare dalla superficie dell'alluminio gli idrossidi insolubili che sono stati portati allo scoperto dai pretrattamenti alcalini. Si tratta soprattutto di idrossidi di magnesio e ferro, la cui presenza provocherebbe difetti nella successiva anodizzazione. Questi composti, non essendo i loro metalli anfoteri come l'alluminio, si sciolgono solamente in ambiente acido
- Neutralizzare la basicità del materiale che, nonostante i lavaggi, conserva residui dei precedenti trattamenti alcalini. La presenza di idrossidi dei metalli alliganti (Mg, Mn, Fe, Cu), sull'alluminio potrebbe portare a differenze di colore ed a difetti che risulterebbero evidenti e difficilmente eliminabili dopo l'anodizzazione.

Una incompleta neutralizzazione della basicità presente sul materiale porterebbe ad un maggior consumo di acido solforico ed ad un accumulo degli elementi alliganti nella vasca di ossidazione con effetti inquinanti. La vasca di neutralizzazione contiene generalmente una soluzione di acido nitrico (HNO_3) 1:1 in volume, preparata mettendo nella vasca metà volume di acqua e metà volume di acido nitrico concentrato (solitamente al 68% in peso e densità=1,4).

In tal modo la soluzione finale del bagno viene ad avere una concentrazione in acido nitrico di circa 470 g/l. L'acido nitrico ha tre proprietà fondamentali:
- Ottimo potere solvente nei confronti della patina scura di idrossidi metallici formatisi nei pretrattamenti alcalini
- Potere passivante nei confronti dell'alluminio che quindi non viene intaccato anche se permane nella vasca per un tempo piuttosto lungo (anche diverse ore)
- Buon potere emolliente nei confronti dell'ossido anodico e di taluni ossidi che non vengono eliminati dall'attacco in soda. É quindi ottimo come pretrattamento nei confronti della disossidazione dei ganci o anche di intere bagnate da rifare perché mal riuscite

L'inquinamento da acido nitrico nelle acque di scarico risulta generalmente irrilevante data la notevole diluizione che viene effettuata dai vari effluenti di lavaggio. Al posto dell'acido nitrico può essere utilizzato anche acido solforico esausto recuperato dalle vasche di anodizzazione. Per quanto dal punto di vista della capacità di neutralizzare la basicità l'acido solforico e l'acido nitrico si equivalgono, bisogna tenere in considerazione quanto segue:
- L'acido solforico ha un potere solvente inferiore all'acido nitrico nei confronti di certi ossidi e idrossidi di metalli
- Non ha il potere ossidante, cioè la capacità di sciogliere certi elementi presenti nella lega allo stato metallico (ad es.: Cu), che ha l'acido nitrico
- Non passiva l'alluminio e quindi si corrono seri rischi di aggressione puntiforme se il materiale permane nella vasca per un tempo eccessivo

3.2.1.2. La fase di anodizzazione

Consiste nell'immergere il manufatto in una soluzione a base di acido solforico (o anche cromico, fosforico, etc.), collegandolo al polo positivo di un raddrizzatore, divenendo così "anodico" rispetto ai catodi collegati al polo negativo (vedi fig. 7).
Questo è un aspetto che differenzia notevolmente l'ossidazione anodica dai processi galvanici; i riporti galvanici richiedono infatti che il pezzo venga mantenuto catodico. Il fenomeno chimico che si manifesta sull'alluminio nel momento in cui viene a contatto con l'ossigeno consiste nella formazione di uno strato di ossido compatto e coerente con il substrato. Lo strato di ossido cresce verso l'interno del metallo.

Mediante passaggio di corrente si forma inizialmente uno strato barriera di ossido compatto, molto sottile, ma già molto più spesso dell'ossido naturale, il cui spessore rimane costante; successivamente si forma uno strato di ossido poroso (cfr. fig. 8). Per applicazioni in edilizia si può far crescere l'ossido fino a uno spessore di 15, 20, 25 micron (1.5, 2, 2.5 centesimi di millimetro) e oltre. Bisogna tuttavia evitare una crescita eccessiva dell'ossido perché la stessa soluzione in cui l'ossido cresce è capace di ridiscioglierlo.

In Italia, il tipo di anodizzazione maggiormente utilizzato è l'anodizzazione all'acido solforico, in particolare nell'alluminio per impiego architettonico. Il trattamento consiste nell'immergere il materiale in una vasca contenente una soluzione di acido solforico, collegandolo al polo positivo (anodo) di un opportuno generatore di corrente continua.
La vasca di anodizzazione deve essere rivestita interamente in materiale antiacido (generalmente PVC). Il suo volume dovrebbe essere teoricamente di 2÷3 litri per ogni Ampere di corrente che si fa passare in essa. I catodi, generalmente di piombo, hanno il vantaggio di passivarsi (diventare inerti chimicamente) nella soluzione del bagno, dato che si ricoprono di un sottilissimo strato di solfato di piombo insolubile. Hanno perciò notevole durata se il loro montaggio viene fatto a regola d'arte (stagnatura della barra catodica in rame e successiva applicazione della striscia in piombo con

saldatura a goccia). I catodi di alluminio presentano il vantaggio di avere una maggiore conducibilità di corrente (circa 7 volte superiore a quella del piombo) e quindi di richiedere una superficie immersa molto minore. Anche il peso specifico è largamente a favore dell'alluminio.

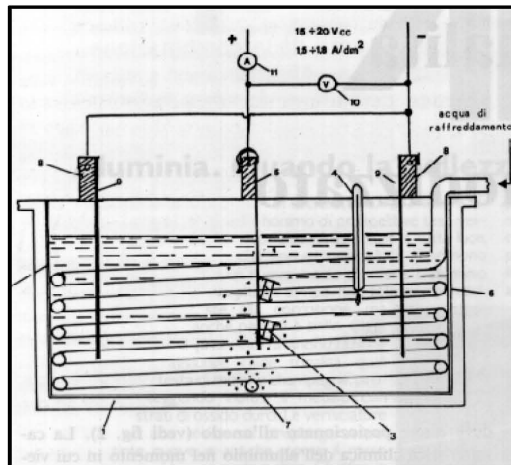



Fig. 7 – Schema di principio del processo di anodizzazione in soluzione di acido solforico, in corrente continua

1. Vasca di ferro
2. Rivestimento antiacido
3. Alluminio da anodizzare (+)
4. Termostato (impostato per condizione di 20°C ± 1)
5. Barra anodica porta pezzi da anodizzare
6. Serpentine di raffreddamento dell'elettrolita
7. Tubo in piombo forato per l'agitazione dell'elettrolita con aria compressa
8. Barre catodiche (-)
9. Catodi di piombo
10. Voltmetro
11. Amperometro

Il materiale di alluminio da anodizzare viene introdotto in una soluzione di acido solforico, e collegato al polo positivo di un generatore di corrente continua. Il polo negativo dello stesso generatore viene collegato ad un elettrodo inerte (piombo). Erogando corrente, ai due elettrodi avremo una dissociazione dell'acido solforico in H2++ e SO4—con sviluppo di idrogeno al catodo e, a seguito di una reazione secondaria che ripristina l'acido solforico, si avrà uno sviluppo di ossigeno allo stato nascente e in condizioni di grande attività sull'alluminio. L'ossigeno quindi attaccherà l'alluminio, trasformandolo istantaneamente in ossido. Tale reazione può essere così sintetizzata:

catodo – H2SO4
↑
H2++ SO4-- + anodo
↑
SO4 + H2O = H2SO4 + O

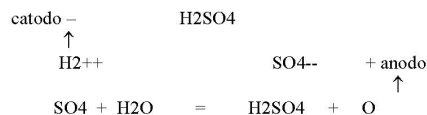
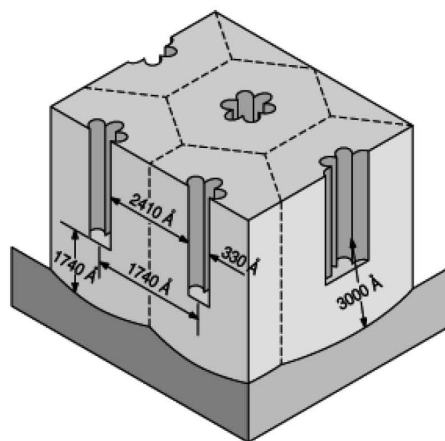



Fig. 8 – Schematizzazione della struttura dello strato d'ossido

Modello strutturale di una cella di ossido di alluminio, in base a rilevazioni eseguite con il microscopio elettronico (Alcoa).

Unico lato negativo riguardante l'impiego di questo materiale è la sua reattività in acido solforico in certe condizioni. Se la temperatura del bagno supera i 30°C, i catodi di alluminio possono venire corrosi e, quindi, consumarsi, in brevissimo tempo. Per mantenere la temperatura al disotto dei 30°C si usano appositi sistemi di raffreddamento. Lo spessore dell'ossido di alluminio viene espresso in micron (simbolo μm), cioè millesimi di millimetro. La normativa Europea, recepita anche in Italia con la norma UNI EN 12373-1, prevede 5 classi di spessore:

- 5 μm minimo - per applicazioni in ambienti interni
- 10 μm minimo – i.c.s.
- 15 μm minimo – per applicazioni in ambienti esterni
- 20 μm minimo – i.s.c.
- 25 μm minimo – i.s.c.

La scelta dello spessore va concordata con l'utilizzatore e dipende dal grado di aggressività dell'ambiente nel quale il materiale andrà collocato. La classe 25 è stata introdotta dietro particolare sollecitazione della Gran Bretagna che la ritiene necessaria per atmosfere marine o industriali ad elevato inquinamento. L'ossido di alluminio è trasparente, poroso, dielettrico e diventa pressoché inerte agli agenti atmosferici dopo aver subito un opportuno trattamento di fissaggio. La qualità e le proprietà dell'ossido anodico dipendono grandemente dalle variabili che possono influenzarne le caratteristiche, cioè:

- concentrazione dell'acido solforico
- densità di corrente
- durata del trattamento
- temperatura del bagno
- contenuto di alluminio disciolto nella vasca
- agitazione del bagno
- aggiunta di additivi alla soluzione
- presenza di impurezze nella soluzione

La concentrazione dell'acido solforico viene scelta generalmente tra 150 e 220 g/l. Più l'acido solforico è concentrato, maggiore è la conducibilità elettrica del bagno, con conseguente risparmio di tensione elettrica nel realizzare una determinata densità di corrente secondo la seguente legge di Ohm.

$$I = V/R$$

Dove:
I=intensità di corrente
V=tensione applicata
R=resistenza del bagno

Diminuendo infatti la resistenza del bagno (cioè aumentandone la conducibilità) si ottiene una maggiore intensità di corrente a parità di tensione applicata. Tuttavia la scelta di una elevata concentrazione può essere controproducente perché l'acido solforico, mentre aiuta a formare l'ossido, nello stesso tempo lo aggredisce chimicamente e ne scioglie una parte. Se la concentrazione è minore, diminuisce la conducibilità del bagno, ma anche il suo potere solvente nei confronti dell'ossido. La scelta della concentrazione ottimale va fatta tenendo presenti questi due fattori, unitamente con gli altri parametri di processo (raffreddamento, etc.).
La corrente che passa nel pezzo da anodizzare per m^2 di superficie varia generalmente da 1,4 a 1,8 Amp/dm^2. La scelta della densità di corrente da impiegare dipende dai seguenti fattori:

- potenza del raddrizzatore in relazione alla quantità di materiale agganciato
- capacità di raffreddamento del bagno

Una elevata densità di corrente porta ad un maggior sviluppo di calore nel bagno. Se il raffreddamento non è idoneo si possono verificare "bruciature" sul materiale con disgregazione dell'ossido che diventa friabile e lattescente. La densità di corrente varia sensibilmente al variare della temperatura del bagno. Lo spessore di ossido cresce progressivamente nel corso dell'anodizzazione per un certo periodo di tempo (circa 2 ore). Oltre tale tempo lo spessore rimane pressoché costante perché l'ulteriore ossido che si forma viene completamente distrutto dal potere solvente dell'acido. La formula empirica che permette di calcolare a priori lo spessore di ossido è la seguente:

$$s = 0,3 \times d \times t$$

dove:
s = spessore dell'ossido in micron
d = densità di corrente in A/dm^2
t = tempo in minuti
0,3 = fattore di proporzionalità

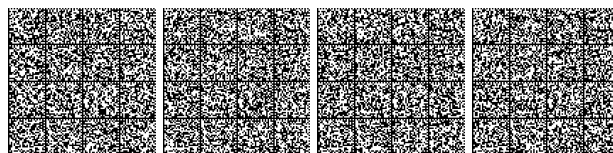
L'anodizzazione provoca una reazione fortemente esotermica, cioè sviluppa una notevole quantità di calore valutabile orientativamente con la seguente formula:

Q (calorie/ora) = 0,95 x A x V

Dove:
A = corrente che passa in Ampère
V = tensione in Volt
Q = quantità di calore sviluppato

Tutto questo calore deve venire asportato mediante idoneo sistema di raffreddamento, dato che il bagno deve lavorare ad una temperatura di 20°C ±1°C.
Il raffreddamento del bagno si può realizzare nei seguenti modi:
- facendo circolare acqua fredda in apposite serpentine poste sui lati interni della vasca
- facendo circolare l'acido attraverso un gruppo frigorifero raffreddato ad aria o ad acqua.

Quest'ultima soluzione, attualmente, è quella maggiormente utilizzata. Una temperatura troppo elevata nel bagno di ossidazione provoca i seguenti inconvenienti:
- ossido a pori troppo grandi e di più difficile fissaggio
- pericolo di "bruciature" sul materiale
- aumento di potere solvente sull'ossido da parte dell'acido

Come detto precedentemente l'acido solforico scioglie parte dell'ossido di alluminio mentre questo si forma; quando il contenuto di alluminio disciolto nella vasca raggiunge i 15 g/l occorre rigenerare il bagno. Generalmente non viene rinnovato completamente, ma solamente per circa i 4/5 del suo volume. Questo perché un bagno di anodizzazione lavora meglio se contiene 3÷4 g/l di alluminio disciolto rispetto ad un bagno completamente esente di alluminio.
É possibile impiegare un sistema di filtrazione in continuo del bagno attraverso resine a scambio ionico per mantenere costantemente basso il contenuto di alluminio disciolto. Quando l'alluminio supera i 15 g/l, si possono verificare i seguenti inconvenienti:
- diminuzione della resa dell'anodizzazione
- difficoltà ad ottenere spessori di ossido elevati (20 μm)
- difficoltà ad eseguire alcune colorazioni successive all'anodizzazione
- diminuzione della conducibilità

Il bagno di anodizzazione va continuamente tenuto sotto agitazione insufflando aria, uniformemente, lungo il fondo della vasca, allo scopo di:
- omogeneizzare la soluzione di acido solforico che, per diversa densità, tende a stratificarsi sul fondo
- asportare il calore che si sviluppa sul materiale sottoposto ad anodizzazione
- uniformare la temperatura in ogni punto della vasca

Interruzioni anche temporanee dell'agitazione con aria comporterebbero gravi danni sulla qualità del prodotto, mentre differenze di temperatura nelle diverse zone della vasca provocherebbero:
- diverse densità di corrente
- diverso potere solvente dell'ossido
- diversi spessori di ossido

Talvolta viene aggiunto all'acido solforico, dell'acido ossalico. Questo acido organico, aggiunto ad una concentrazione di 10÷15 g/l, consente di ottenere i seguenti vantaggi:
- riduce il potere solvente dell'acido solforico nei confronti dell'ossido
- permette di lavorare a temperature più alte (fino a 24°C)
- consente l'adozione di densità di corrente maggiori
- forma un'ossido più duro

L'eventuale presenza di cloruri come impurezza nel bagno di anodizzazione provoca, se superiore a 1g/l, una estesa puntinatura sul materiale. Olii e grassi possono depositarsi sul materiale e inibire l'anodizzazione in certe zone, provocando macchie. Sostanze solide in sospensione possono dar luogo a striature.
Onde evitare la presenza di olii e grassi provenienti dai compressori d'aria, si possono utilizzare agitatori del bagno a soffianti d'aria ad aspi rotanti, esenti da parti lubrificate.
Questi apparecchi presentano anche il vantaggio di non riscaldare l'aria (e quindi il bagno di anodizzazione) dato che non effettuano una compressione ma una semplice insufflazione. Nei bagni di anodizzazione sono presenti solitamente schiumogeni (tensioattivi cationici, anionici o non ionici) che formano uno strato col compito di impedire all'acido solforico di passare nell'atmosfera trasportato dall'idrogeno gassoso che si forma in prossimità dei catodi.

3.2.1.3. Colorazione dello strato d'ossido

L'ossido così ottenuto può anche essere colorato mediante formazione all'interno dei pori di particolari pigmenti inorganici (oro all'ossalato, bronzo al cobalto-permanganato) oppure per adsorbimento di coloranti organici: **colorazione per assorbimento**; un altro sistema è l'impregnazione elettrolitica chiamata anche **elettrocolorazione,** che fa depositare, nel fondo dei pori, metalli e loro ossidi (Ni, Sn, o altri) ottenendo colorazioni che vanno dallo champagne, attraverso i toni del bronzo, fino al nero.
Un ultimo metodo di colorazione è quello per interferenza che modifica la struttura dello strato prima della deposizione elettrolitica dei vari metalli e loro ossidi. In Fig. 9 sono riportati i modelli rappresentativi della sezione di uno strato di ossido anodico nei diversi sistemi di colorazione.

Colorazione per assorbimento – si realizza per semplice immersione dell'alluminio anodizzato in opportune soluzioni coloranti, senza corrente elettrica.
A seconda del tipo di prodotto che genera il colore, vengono suddivise in:

1. Colorazioni organiche
2. Colorazioni inorganiche

Colorazioni organiche – per questo trattamento si impiegano coloranti organici solubili in acqua, aventi elevata solidità alla luce (oltre la scala 8 di riferimento). Le sostanze coloranti entrano nei pori dell'ossido di alluminio (non fissato) e formano dei veri e propri legami chimici nei seguenti modi:

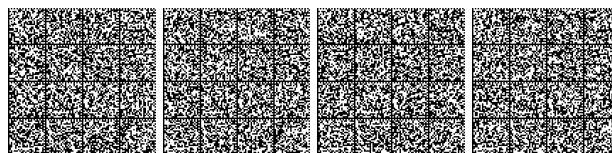
- Sostituendo con anioni gli ossidrili presenti nello strato di ossido
- Formando legami covalenti
- Venendo assorbiti da forze elettrostatiche (tipo Van der Waals)

La bontà del risultato ottenibile con questo trattamento dipende dai seguenti parametri:

- Spessore dell'ossido – per eseguire queste colorazioni, soprattutto nelle tonalità più scure, sono necessari spessori di ossido elevati, solitamente non inferiori ai 20 μm. Ciò è dovuto anche al fatto che la sostanza colorante, penetrando dall'esterno del poro di ossido, difficilmente riesce a riempirlo completamente, dovendosi sostituire alla soluzione acquosa che già lo impregna
- Solidità alla luce del colorante impiegato – non sono molto numerosi i coloranti organici idonei per l'alluminio per uso architettonico e decorativo per esterni. queste applicazioni richiedono una solidità alla luce superiore a 8.
- Condizioni operative (concentrazione, pH, tempo, temperatura) – la concentrazione può variare, a seconda del colorante, da 1 a 20 g/l. É importante mantenere la concentrazione nell'intorno del valore ottimale consigliato dalla casa produttrice. Il pH è importantissimo perché influenza sia la quantità di colorante assorbito che la sua solidità alla luce. Il tempo, se è troppo breve comporta un assorbimento insufficiente (solo superficiale) con conseguenze sulla solidità alla luce. Se si protrae eccessivamente la colorazione, solitamente non si hanno effetti negativi. La temperatura, se è troppo bassa comporta un assorbimento insufficiente con riflessi negativi sulla solidità alla luce e la tonalità del colore. Se la temperatura è troppo alta può provocare un parziale fissaggio dell'ossido con chiusura e inertizzazione dei pori e conseguente inadeguato assorbimento del colore.

Colorazioni inorganiche – il principio sul quale si basano queste colorazioni è la precipitazione di composti metallici (generalmente idrossidi) all'interno dei pori di ossido di alluminio. Non offrono una gamma di tonalità di colore così ampia come nel caso delle colorazioni organiche, però presentano generalmente una maggiore solidità alla luce ed al colore. Le colorazioni inorganiche più diffuse nel settore dell'alluminio per impieghi architettonici e decorativi per esterni sono i seguenti:

- ORO – il bagno di colorazione è costituito da una soluzione acquosa a 15÷25 g/l di ossalato ferrico ammonico $(NH_4)3Fe(C_2O_4)3 \cdot H_2O$. tale composto è piuttosto delicato per i seguenti motivi:

  - É fotosensibile, quindi tende a decomporsi per effetto della luce. La vasca dell'oro va quindi mantenuta coperta quando non viene utilizzata
  - É stabile fino a pH di circa 5,5
  - A pH superiori si decompone precipitando idrossido di ferro e ossalati basici di ferro
  - A pH inferiori a 4 riesce difficile la colorazione perché l'eccessiva acidità ostacola la precipitazione dell'idrossido ferrico (che dà il colore oro) all'interno dei pori dell'ossido di alluminio
  - Temperature troppo elevate (superiori ai 60°C) decompongono il sale e danneggiano la soluzione
  - La presenza di ioni calcio nell'acqua (elevata durezza) fa precipitare l'ossalato di calcio con intorpidimento della soluzione. Anche una elevata concentrazione in ioni

fosfato presenti nell'acqua provoca inconvenienti nella colorazione, favorendo la decomposizione del bagno

Tenendo presenti le osservazioni suddette, le migliori condizioni per praticare la colorazione oro al ferro-ammonio ossalato sono le seguenti:

- Vasca rivestita internamente in PVC
- Soluzione preparata con acqua demineralizzata
- Concentrazione = 15÷25 g/l
- pH = 4,5÷5
- temperatura = 35÷45 °C
- tempi da 1 a 10' a seconda della tonalità del colore oro desiderato

- BRONZO – prima di eseguire questa colorazione occorre eliminare completamente l'acido solforico dai pori del materiale anodizzato. A tale scopo si immerge per qualche minuto la bagnata in una apposita vasca contenente una soluzione a circa 10 g/l di bicarbonato di sodio ($NaHCO_3$), pH 8÷9, a temperatura ambiente. Successivamente si risciacqua e la si immerge in una soluzione a 5÷10 g/l di acetato di cobalto, a pH 6÷7, temperatura ambiente, per circa 1÷2 minuti. Si risciacqua e si immerge quindi in una soluzione di permanganato di potassio a circa 10 g/l, pH 6÷7, temperatura ambiente per circa 1÷5 minuti. La permanenza nelle soluzioni di cobalto e permanganato dipende dalla intensità del colore bronzo che si vuole ottenere. Se la tonalità di colore risulta troppo chiara si può ripetere il ciclo con le stesse modalità facendo in modo che l'ultima immersione sia sempre fatta nel permanganato di potassio. La colorazione è generata dalla precipitazione di idrossidi di cobalto e manganese all'interno dei pori dell'ossido di alluminio. Questo tipo di colorazione, a differenza di quella elettrolitica, è influenzata dallo spessore dell'ossido. Differenze significative in diverse zone della carica possono causare differenze nella tonalità del colore ottenuto. Al posto dell'acetato di cobalto si può utilizzare il solfato di cobalto con risultati equivalenti. I bagni di cobalto e permanganato, se usati correttamente, non richiedono filtrazioni periodiche ed hanno in genere notevole durata.

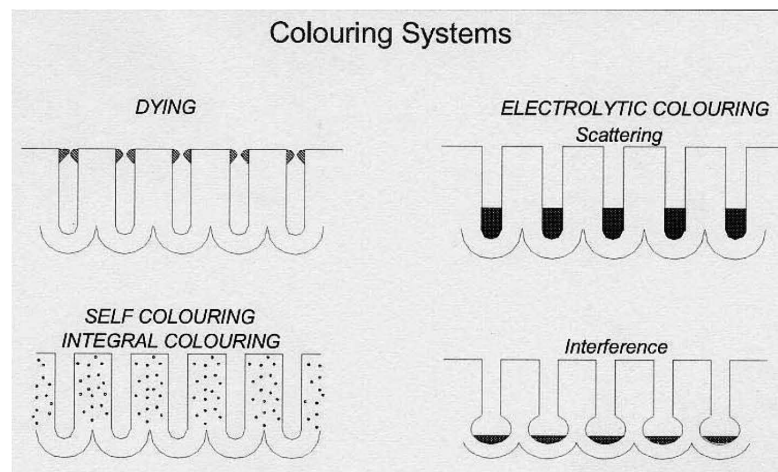
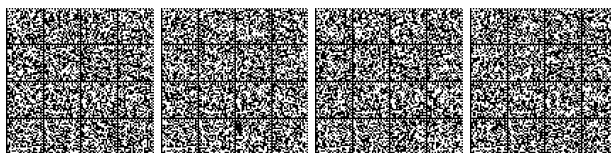



Fig. 9 – Modelli rappresentativi della sezione di uno strato di ossido anodico nei diversi sistemi di colorazione

Elettrocolorazione – con questo termine viene comunemente indicato un procedimento di colorazione dell'alluminio anodizzato che ha avuto una grande diffusione negli ultimi 20 anni in

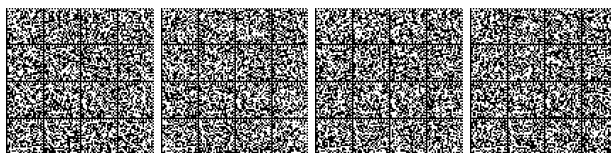
Italia e in Europa. Il trattamento consiste nel sottoporre il materiale ad una opportuna corrente elettrica alternata in una vasca contenente una soluzione di sali metallici più altri additivi chimici. Sotto l'effetto della corrente le particelle metalliche si vanno a depositare sul fondo del poro dell'ossido di alluminio. Con il successivo trattamento di fissaggio (chiusura dei pori) si realizza una colorazione altamente resistente alle varie prove di collaudo e a tutte le condizioni di impiego sperimentate ormai da diversi decenni. Il tipo di colore dipende dal metallo impiegato, mentre la tonalità (chiaro, scuro, nero) dipende dalla durata del trattamento. I colori più diffusi sono quelli della gamma dei bronzi (champagne, bronzo chiaro, medio, scuro, fino al nero). Questi colori vengono realizzati con soluzioni a base di sali di cobalto, nichel, stagno.
I bagni di elettrocolorazione a base di nichel sono stati i primi ad apparire sul mercato, assieme a quelli di cobalto. Attualmente i prodotti maggiormente utilizzati sono quelli a base di sali di stagno.
La gamma dei colori rossi è ottenibile con soluzioni contenenti sali di rame, di oro, di selenio. Una tonalità color oro è ottenibile con una elettrocolorazione in sali di argento, cobalto, manganese.
Per entrare nel dettaglio della descrizione di questo tipo di trattamento nel seguito si fa riferimento alla elettrocolorazione a base di sali di stagno, che è quella attualmente più diffusa.
I principali aspetti che possono influenzare questo trattamento sono i seguenti:

- tipo di lega da elettrocolorare – tutte le leghe per anodizzazione sono idonee al trattamento di elettrocolorazione. La tonalità del colore che si ottiene non è influenzata in maniera determinante nè dalla composizione della lega né dai trattamenti termici che questa ha subito. É comunque necessario predisporre, per quanto possibile, cariche tra loro omogenee.
- Spessore di ossido – uno dei grandi vantaggi della elettrocolorazione è costituito dal fatto che la tonalità del colore non è influenzata dalla spessore di ossido, come invece accade nelle colorazioni ad assorbimento. Ciò è spiegabile col fatto che l'elettrocolorazione parte dal fondo del poro dell'ossido e quindi non è influenzata dalla profondità dello stesso, purchè sia sufficiente a contenere la quantità di metallo che si deve depositare. Anche i colori più scuri, compreso il nero, sono ottenibili con uno spessore minimo di ossido anodico intorno ai 15 µm (mentre per il nero organico occorrono almeno 20 µm di ossido). Eventuali differenze di spessore in diverse zone della "bagnata" non provocano diversità di colore.
- Vasca - deve essere rivestita di materiale antiacido (tipo PVC). Sulle pareti laterali vengono posti gli elettrodi che possono essere di vari materiali: grafite, acciaio inox, etc..
- Apparecchiatura elettrica – viene solitamente impiegato un trasformatore di corrente da 20 Volt e amperaraggio di circa il 60% di quello della vasca di anodizzazione. L'elettrocolorazione si effettua con una tensione di 16÷18 Volt ed una densità di corrente a regime di 0,3÷0,5 Ampère/dm^2. L'andamento della corrente assume un valore crescente e massimo entro il primo minuto di trattamento, per poi scendere e stabilizzarsi al valore di regime. Negli ultimi anni sono apparse sul mercato apparecchiature elettriche che adottano programmi corrente-tensione più sofisticati che consentono di colorare una maggiore quantità di materiale e con buoni risultati come uniformità di colore.
- Agganciatura – il materiale va saldamente agganciato ai sostegni porta pezzi. Se dopo l'ossidazione il contatto si sposta su un punto ossidato (non conduttore), nella fase di elettrocolorazione quel pezzo rischia di rimanere di colore più chiaro o addirittura di non colorarsi affatto. Nella elettrocolorazione non possono venire utilizzati sostegni o ganci in titanio, metallo che, non ossidandosi, fa da ladro di corrente durante la colorazione provocando aloni più chiari in prossimità dei punti di contatto con l'alluminio.
- Composizione chimica del bagno – il bagno di elettrocolorazione allo stagno è generalmente costituito da una soluzione di solfato stannoso ($SnSO_4$) in acido solforico e altri additivi. La concentrazione in solfato di stagno va dai 14 ai 18 g/l. la concentrazione in acido solforico può variare anch'essa dai 14 ai 18 g/l. Gli additivi hanno diverse funzioni, qui di seguito elencate:

- stabilizzare il bagno mantenendo lo stagno bivalente
  - regolare la deposizione dello stagno all'interno dell'ossido
  - complessare l'alluminio disciolto presente in soluzione
  - rendere inerti gli altri metalli (Fe, Ca, Mg) provenienti dall'acqua impiegata per l'allestimento del bagno e per i reintegri della soluzione

  I prodotti chimici impiegati per i suddetti scopi sono numerosi; i più diffusi sono l'acido solfammico, l'acido tartarico, l'acido cresolfonico, l'acido ferrosolfonico, l'acido solfoftalico, l'acido solfosalicilico, glicoli, urea, etc. La buona scelta degli additivi non influenza la tonalità del colore ma ne migliora la penetrazione oltrechè la durata del bagno.
- Tempi di colorazione – la tonalità del colore dipende dalla durata del trattamento, nella fattispecie (orientativamente):
  - Champagne – 45"
  - Bronzo chiaro – 1'
  - Bronzo medio – 3'
  - Bronzo scuro – 6'
  - Nero - 12÷15'
- Temperatura – il bagno di elettrocolorazione funziona bene per temperature dai 15 ai 25°C; è comunque consigliabile lavorare nell'intorno di 20°C perché grosse escursioni termiche provocano variazioni nella conducibilità della soluzione e quindi nei tempi di colorazione.

3.2.1.4. Fissaggio dello strato d'ossido

A questo punto, per rendere lo strato impermeabile, occorre sigillare i pori. Questa operazione finale è sicuramente la più importante e determinante dell'intero ciclo dell'anodizzazione dell'alluminio. Consiste in una chiusura dei pori dell'ossido anodico dovuta generalmente ad una idratazione dello stesso ad alta temperatura; il risultato finale deve essere uno strato privo di porosità Processi di recente acquisizione realizzano l'inertizzazione dell'ossido mediante reazione con particolari sostanze a temperature di poco superiori a quella ambiente. Con l'idratazione si ha un aumento di volume dell'ossido che man mano chiude le sue porosità finendo col diventare solidamente sigillato. Il trattamento di fissaggio dell'ossido di alluminio si può realizzare nei seguenti modi:

- In acqua bollente – si immerge il materiale anodizzato in acqua demineralizzata o distillata vicina alla temperatura di ebollizione. La capacità di riscaldamento deve essere tale da portare il materiale alla temperatura di esercizio entro 10 minuti dall'immersione. La temperatura non deve essere inferiore a 96 °C. sono necessari circa tre minuti di trattamento per ogni micron di ossido e comunque non meno del tempo di anodizzazione. Il pH deve essere contenuto tra 5,5 e 6; le eventuali correzioni avvengono con l'aggiunta di ammoniaca diluita per innalzarlo e con acido acetico per abbassarlo. Il fissaggio è influenzato negativamente da una serie di ioni che possono essere presenti in soluzione. Mentre l'effetto negativo della presenza di metalli è solitamente di carattere estetico (macchie), gli anioni (fosfati, fluoruri, silicati) provocano una vera e propria inibizione del processo di idratazione e quindi di chiusura dell'ossido, con grave pregiudizio sulla qualità del risultato finale. Per evitare l'accumulo di impurezze nella vasca di fissaggio con acqua demineralizzata bollente è consigliabile adottare i seguenti accorgimenti:
  - Riciclo continuo dell'acqua con filtrazione attraverso resine scambiatrici di ioni
  - Uso di acqua demineralizzata per i rabbocchi
  - Effettuazione del lavaggio che precede il fissaggio in una vasca contenente acqua deionizzata

- In vapore saturo – é un metodo molto efficace. Presenta alcuni aspetti vantaggiosi ed alcuni limiti se confrontato con il fissaggio in acqua bollente. Gli aspetti positivi sono i seguenti:
  - Non è influenzato dal grado di purezza dell'acqua e dal pH
  - L'azione idratante è più rapida, potendo lavorare a temperature superiori ai 100°C
  - Minor tendenza di scolorire il materiale
  - Effettuazione del lavaggio che precede il fissaggio in una vasca contenente acqua deionizzata

  Gli svantaggi sono invece:
  - Maggiore costo dell'impianto
  - Necessità di lavorare con vasche chiuse che devono essere aperte solamente per l'introduzione e l'estrazione del materiale
  - Possibilità di colature di acqua di condensa che possono lasciare macchie soprattutto su lamiere colorate

  Le condizioni operative (di massima) sono le seguenti:
  - Temperatura = 100÷110 °C
  - Tempo = 3 minuti per ogni micron di ossido anodico
  - Pressione = 1÷3 atmosfere

- Con sali di nichel – Consiste nell'immergere il materiale in una vasca contenente una soluzione acquosa di sali di nichel ad alta temperatura. In queste condizioni, oltre alla idratazione dei pori, avviene una precipitazione di idrossido di nichel all'interno dell'ossido anodico con ulteriore contributo alla sigillatura del materiale anodizzato. Il sale di nichel più utilizzato è il solfato. Il grande vantaggio di tutti i fissaggi a base di sali di nichel è quello di non essere influenzati, nella loro efficacia, da tutti quegli ioni inquinanti (soprattutto fosfati, silicati, fluoruri) che inibiscono e danneggiano il fissaggio in acqua demineralizzata. Ne consegue che i bagni di fissaggio non richiedono necessariamente l'impiego di acqua demineralizzata, ma si possono preparare e rabboccare anche con acqua di pozzo, purchè la durezza non superi i 50 gradi francesi. Le condizioni operative di un fissaggio al solfato di nichel sono le seguenti:
  - Temperatura = minimo 95 °C
  - Tempo = 3 minuti per ogni micron di ossido anodico
  - Concentrazione del sale: 10g/l
  - ph = 5,5÷6,5

  É buona norma ricoprire la superficie delle vasche di fissaggio ad alta temperatura con uno strato di sfere di plastica. Tali sfere funzionano da coperchio mobile, riducono l'evaporazione e consentono un sensibile risparmio di calore nel mantenere la vasca alla temperatura di esercizio.

- A bassa temperatura – é un trattamento, usato da circa 20 anni, basato sul riempimento e l'inertizzazione dei pori dell'ossido mediante reazione chimica con opportune sostanze. Si tratta generalmente di soluzioni a base di fluoruro di nichel più altri additivi. Gli aspetti vantaggiosi di questo trattamento rispetto ai fissaggi descritti precedentemente sono i seguenti:
  - Riduzione dei tempi di immersione
  - Risparmio energetico nel mantenere il bagno a 30°C anzichè a temperature prossime ai 100°C
  - Assenza di vapore nell'atmosfera circostante

  I suoi principali limiti sono invece:

- Necessità che il materiale, una volta uscito dalla vasca di fissaggio, non venga manipolato per un certo tempo onde permettere l'essicamento e la totale inertizzazione
- La soluzione può facilmente inquinarsi e richiede assidui controlli per essere mantenuta nelle ristrette condizioni di funzionamento ottimale

3.2.1.5. Controllo dello strato d'ossido

Da quanto detto in precedenza, ciò che influisce sulla durabilità di una finitura anodizzata è essenzialmente lo **spessore** dell'ossido, la sua **struttura** ed il suo **grado di fissaggio**.
Spessore e struttura dipendono dal rispetto dei parametri di processo ottimali della fase di anodizzazione. La qualità del fissaggio dipende dalle condizioni ed anche dalla struttura dell'ossido stesso. Controllando perciò due soli parametri, e cioè spessore e fissaggio, si ha una valutazione abbastanza precisa della qualità dell'ossido. Nel caso dell'edilizia lo spessore minimo richiesto in Europa, secondo la norma EN 12373, è di 15 µm.
Questi controlli non richiedono particolari attrezzature, le normative nazionali ed internazionali forniscono tutti i riferimenti necessari.
Il controllo dello spessore si può fare, per via non distruttiva, con un apparecchio a correnti indotte.
Il controllo del fissaggio si può eseguire sul colore naturale o su colori tenui per via non distruttiva con un metodo semiquantitativo chiamato "prova alla goccia", consistente nel riattacco dell'ossido in una piccola zona con una soluzione acida e la successiva applicazione di colorante nello stesso punto; lavando, il colorante deve scomparire o lasciare leggerissime tracce. La permanenza di una macchia residua indica che la struttura porosa non è del tutto sigillata.
Come metodo distruttivo viene effettuata la prova di perdita di peso dopo attacco dello strato per un certo tempo in apposite soluzioni.
Dopo aver eseguito questi controlli si è in grado di giudicare la bontà di uno strato di ossido.

3.2.2. Finiture verniciate

3.2.2.1. Introduzione

La verniciatura dell'alluminio può essere effettuata attraverso le seguenti due diverse tecniche:

1. Mediante immersione in vasca attraverso processi chimici e/o elettrolitici (p.e. cataforesi, anaforesi)
2. Mediante spruzzo di prodotti vernicianti liquidi o in polvere

Una rilevante percentuale di tutte le finiture applicate in Europa per la protezione dell'alluminio, in particolare in architettura, viene effettuata attualmente mediante questa seconda tecnica, che consiste nello spruzzare prodotti vernicianti in polvere, caricati elettrostaticamente, sul supporto da rivestire posto in un campo elettrico.
Le prime applicazioni commerciali in Europa di questi prodotti risalgono agli anni '70. Da allora questo tipo di finitura è cresciuto con legge esponenziale. Nel panorama europeo i principali paesi operanti nella verniciatura sono l'Italia, la Germania, la Spagna e la Francia. Negli Stati Uniti

l'introduzione di tale tecnologia risale agli anni '80; questo sistema è ben introdotto anche in altri paesi come, ad esempio, in Medio Oriente, in Sud America, in Australia.
Il motivo principale di tale crescita va ricercato soprattutto nei consistenti miglioramenti conseguiti in questi anni sia in termini di prestazioni dei prodotti vernicianti, sia per quanto riguarda la versatilità e il minimo impatto ambientale del processo.
Al giorno d'oggi, infatti, si può contare su profilati con finiture organiche di svariati colori e brillantezza, di lunga durata in esterno e sui processi industriali per i quali non intervengono complicazioni dovute allo smaltimento dei solventi. Se inizialmente la verniciatura a polveri rappresentava un'alternativa all'ossidazione per superare i limiti di colore, essa si presenta oggi come un'ulteriore tecnica in grado di soddisfare le più svariate esigenze estetiche e funzionali ed è ancora in continua espansione e miglioramento. Nei paragrafi seguenti sono riportati i punti più importanti del processo di verniciatura, i metodi di valutazione della qualità dei prodotti e le tendenze future della verniciatura a polveri degli estrusi d'alluminio.

Questo processo non rientra nel campo di applicazione delle direttiva 61/96 CE in quanto non presuppone il trattamento del metallo mediante azioni chimiche o elettrolitiche in vasca.

Per entrambe le tecniche, immersione in vasca (1) e verniciatura a spruzzo (2), sono previste due fasi di pre-trattamento delle superfici, e precisamente:

a. fase preliminare di preparazione della superficie dell'alluminio (sgrassaggio, decapaggio, etc.);
b. fase di conversione chimica (cromatazione, fosfocromatazione, etc.).

Anche questi pre-trattamenti possono essere effettuati a spruzzo in continuo, oppure per immersione in vasca in apposite soluzioni e rappresentano in entrambi i casi "attività connesse all'attività principale (verniciatura)".
Se questi pre-trattamenti vengono effettuati preliminarmente alla verniciatura mediante spruzzo di prodotti vernicianti liquidi o in polvere (tecnica n.2) anch'essi non rientrano in ambito IPPC.
Nel caso, invece, che la verniciatura dei metalli avvenga mediante processi elettrolitici o chimici in vasca (tecnica n.1), entrambe i suddetti pretrattamenti, se effettuati in vasca, concorrono all'individuazione della soglia di applicabilità della legge.
Di seguito, vengono descritte sinteticamente queste fasi preliminari all'applicazione dei prodotti vernicianti.

3.2.2.2. Trattamento preliminare di preparazione delle superfici

L'alluminio prima di essere verniciato deve essere adeguatamente preparato; è necessario che la superficie sia ben pulita ed esente da grassi, ossidi, oli e residui di lavorazioni precedenti. Il metodo di pulizia ottimale va scelto in funzione degli scopi e dei risultati da ottenere, in base allo stato delle superfici ed al tipo di lega da trattare. Un ciclo normale può prevedere diverse fasi di trattamento con l'uso di prodotti di tipo acido e/o alcalino. Talvolta nel caso di profilati fortemente danneggiati e ossidati, si rendono necessari pretrattamenti di tipo meccanico (spazzolatura), o una neutralizzazione quando la natura dello sgrassante non è assolutamente compatibile con quella del trattamento di conversione (alcalina/acida). Alla fine di tale fase comunque la superficie dell'alluminio deve essere pulita e uniforme, pronta per la seguente fase del ciclo. E' importante che venga asportato lo strato superficiale più ricco di ossidi e/o di impurezze al fine di ottenere un buon risultato finale dal punto di vista prestazionale.

Un ciclo completo di preparazione delle superfici è generalmente articolato secondo le seguenti fasi:

- Sgrassaggio alcalino
- Lavaggio con acqua di rete
- Disossidazione acida
- Lavaggio con acqua di rete
- Conversione chimica
- Lavaggio con acqua demineralizzata

La fase alcalina può essere preceduta da una fase acida seguita dal risciacquo. Tale scelta può facilitare la gestione dell'asportazione superficiale nella fase alcalina.
Pretrattare chimicamente una superficie di alluminio significa sommariamente :

- Pulire la superficie
- Eliminare gli ossidi
- Depositare un rivestimento anticorrosivo

I parametri di lavoro delle soluzioni di pretrattamento sono essenzialmente :

- Concentrazione
- Temperatura
- Tempo

Si prenderanno ora in considerazione le singole fasi del processo approfondendo le composizioni di massima dei bagni, gli scopi, la gestione e le problematiche che possono sorgere nella gestione.

3.2.2.2.1. Sgrassaggio/decapaggio

I prodotti utilizzati in questa fase sono normalmente alcalini e possono essere di due tipi: alcalini detergenti a basso attacco superficiale, alcalini a medio/alto attacco superficiale.
Questi prodotti sono composti essenzialmente da due parti con dei compiti ben specifici:

1. Parte inorganica alcalina
2. Parte organica

La parte inorganica è composta da alcali forti, fosfati, sali alcalini ed ha lo scopo di:

- Detergere
- Saponificare oli e grassi
- Decapare la superficie
- Rimuovere le stratificazioni superficiali dei materiali

La parte organica, composta da sgrassanti disperdenti ed eventualmente da tensioattivi, ha i seguenti scopi:

- Emulsionare gli olii
- Aumentare la bagnabilità dei pezzi
- Disperdere gli olii evitandone il rideposito sulla superficie
- Sequestrare l'alluminio mantenendolo in soluzione
- Sequestrare i sali della durezza dell'acqua

I controlli di gestione

Il controllo di questi bagni è facilmente effettuabile sull'impianto attraverso una doppia titolazione Acido/Base con la quale si determina sia la concentrazione di prodotto in vasca che il grado di inquinamento della soluzione.
A supporto di tali titolazioni, e per assicurare una azione efficace anche durante l'invecchiamento del bagno, nonostante l'azione tamponante della carbonatazione, si consiglia il controllo del pH.
Unitamente a tali controlli diventa interessante misurare l'azione effettuata dalla soluzione chimica sui pezzi. Pertanto va impostata una prova di asportazione del metallo da effettuare su materiale preventivamente pesato, fatto passare nella fase e pesato dopo averlo asciugato.

La differenza tra le due pesate, rapportata alla dimensione del pezzo, determina l'azione effettuata dal bagno. Per essere certi di aver operato una adeguata azione, adatta a rimuovere lo strato superficiale, tale asportazione non dovrebbe essere inferiore ai $2{,}5 \div 3{,}5$ gr/m^2.
Durante la produzione questo bagno si inquina per l'azione eseguita sui pezzi e la soluzione necessita di un rinnovo. Tale operazione deve essere eseguita periodicamente sulla base dell'inquinamento registrato.

Manutenzione
Gli impianti vanno verificati giornalmente verificando se si sono formati strati separati sulla superficie del bagno, eliminabili con uno sfioro attraverso troppo pieno.
Il sistema di riscaldamento deve essere controllato e mantenuto efficiente.

Cause e risoluzioni dei principali problemi
Prendiamo in esame ora i principali problemi che possono emergere nella gestione di questa fase.
Bassa asportazione superficiale – le cause possono essere ricercate in uno o più dei seguenti parametri della soluzione :

- bassa concentrazione
- bassa temperatura
- Tempi inferiori rispetto agli standard
- Invecchiamento / Carbonatazione del bagno

Il difetto può essere notato visivamente solo in una maggior lucentezza del materiale, comporta il rischio di non eliminare le stratificazioni superficiali del metallo di base con conseguente rischio di negatività al Test di Corrosione.

Asciugatura della soluzione – le cause possono essere una o più delle seguenti:

- Temperatura troppo elevata sgrassante
- Tempi di sgocciolo troppo lunghi
- Fermata impianto
- Sovrapposizione dei pezzi

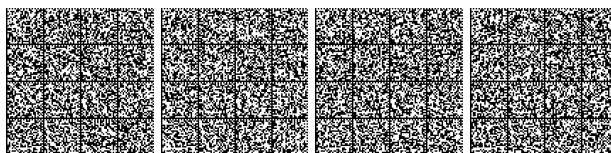
Questo problema può provocare delle colature sul materiale e scarsa aderenza dello strato di vernice.

Eccesso di azione chimica - le cause possono essere:

- Concentrazione elevata
- Temperatura o tempi troppo elevati

Questo problema può comportare un'aspetto della finitura di tipo satinato e un invecchiamento precoce del bagno.

3.2.2.2.2. Lavaggi intermedi

Scopo di tutti i lavaggi è quello di rimuovere la soluzione del bagno precedente in modo che i particolari possano subire la fase successiva senza impedimenti chimici superficiali e la soluzione successiva non subisca inquinamento.
Questi lavaggi possono avvenire con acqua di rete o con acqua demineralizzata (a ricircolo o a perdere) secondo una scelta impiantistica che deve essere ben ponderata e possono svolgersi in una fase singola o doppia. In ogni caso si deve prevedere che l'ultimo risciacquo prima della fase attiva successiva abbia un rinnovo adeguato per mantenere un titolo derivante della fase attiva precedente non superiore ad 1/100.
La scelta del doppio lavaggio favorisce il raggiungimento di questo risultato con un risparmio di acqua.

I lavaggi devono essere normalmente rinnovati in continuo e scaricati completamente, soprattutto dopo le fasi alcaline forti, con una frequenza adatta ad evitare precipitazioni. Il rinnovo in continuo dipende dalla produzione, ma normalmente si considera necessario, dove è presente un solo risciacquo, un rinnovo di 10 lt/m^2 di produzione.
Per la soluzione impiantistica a doppio risciacquo tale volume può essere ridotto a $2 \div 3$ lt/m^2 di produzione e gestiti in cascata dal secondo al primo risciacquo.

Controlli ed analisi sui risciacqui
I controlli in queste fasi rispecchiano la modalità di quelli eseguiti nelle fasi dei concentrati. A supporto di queste titolazioni si può operare un controllo di conducibilità e pH.

Cause e risoluzioni dei principali problemi
I problemi che possono insorgere da queste fasi possono essere di inefficienza, derivata da una difficoltà di efficacia dovuta alla sovrapposizione dei pezzi da trattare, oppure da eccessivo inquinamento per elevati trascinamenti e/o scarso rinnovo. Le due possibilità producono dei problemi sia sui pezzi che nei bagni successivi con aumento dei consumi di prodotti chimici.

3.2.2.2.3. Disossidazione

I prodotti utilizzati in questa fase sono di tipo fortemente acido e sono normalmente composti da due parti con specifici compiti.
La parte inorganica composta da acidi forti ha i seguenti scopi :
- Rimuovere gli ossidi superficiali formatisi durante i trattamenti termici, lavorazioni meccaniche o lunghi periodi di stoccaggio
- Predisporre la superficie al trattamento di conversione chimica
- Facilitare la reazione di conversione

La parte organica ha lo scopo di sequestrare l'alluminio e gli altri elementi disciolti impedendo la riprecipitazione.

I controlli di gestione
Come per lo sgrassaggio il controllo di questi bagni è facilmente effettuabile sull'impianto attraverso una doppia titolazione Acido/Base con la quale si determina sia la concentrazione di prodotto in vasca che il grado di inquinamento della soluzione.
Durante la produzione questo bagno si inquina per l'azione eseguita sui pezzi, la soluzione quindi necessita di un rinnovo da organizzare periodicamente.

Manutenzione
Pur essendo meno impegnativo rispetto alle fasi alcaline anche questo stadio ha la necessità dei medesimi accorgimenti manutentivi magari meno intensi, ma indispensabili. Le azioni da intraprendere sono le medesime descritte per la fase sgrassante.

Cause e risoluzioni dei principali problemi
I principali problemi che possono emergere dalla gestione di questa fase sono i seguenti:
Azione superficiale insufficiente per:
- Concentrazione bassa
- Tempo bassi
- Invecchiamento o neutralizzazione del bagno

Questo problema può essere notato visivamente da una conversione non uniforme e comporta il rischio di non riuscire ad eliminare gli ossidi superficiali o i residui alcalini con conseguente rischio di negatività ai Test di corrosione.

Eccesso di reazione chimica per:

- Concentrazione elevata
- Tempo alto

Questa situazione normalmente non comporta grossi problemi se non un invecchiamento precoce del bagno.

3.2.2.3. Trattamento di conversione chimica

Il trattamento di conversione consiste in un processo chimico effettuato sulla superficie del profilato mediante immersione o spruzzatura, con soluzioni di vari composti in grado di interagire con l'alluminio, in modo da determinare il deposito di un rivestimento inorganico, solitamente, a base di Sali di Cromo ed Ossidi di Alluminio.

Gli obiettivi di tale rivestimento sono i seguenti:

- Passivare con uno strato inerte la superficie metallica che tenderebbe ad ossidare
- Migliorare l'aderenza dello strato di vernice sul metallo
- Assicurare migliore resistenza contro la corrosione

I metodi utilizzabili sono i seguenti: **cromatazione, fosfocromatazione**, **trattamenti esenti da cromo** (a base di titanio, zirconio e altri), **ossidazione anodica**.

• **Cromatazione e Fosfocromatazione.**

La cromatazione è il trattamento di conversione chimica più utilizzato e l'esperienza del settore ne sottolinea le buone prestazioni. Durante questo processo si formano sulla superficie dell'alluminio ossidi di cromo di colore da giallo iridescente a giallo.

Anche il processo di fosfocromatazione è molto diffuso nel settore. In questo caso lo strato di conversione è composto da ossidi e fosfati di cromo il cui colore va dal verde pallido al verde iridescente.

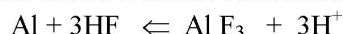
Lo strato di rivestimento può essere verificato controllando il peso di rivestimento applicato attraverso pesata e dissoluzione come indicato da apposite Normative.

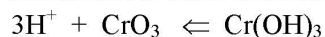
Per una buona conversione adatta alla preverniciatura questo peso deve essere compreso nel range operativo di 0,6 ÷ 1,2 gr/m^2 per la cromatazione gialla e 0,6 ÷ 1,5 gr/m^2 per la cromatazione verde .

I prodotti utilizzati in questa fase sono di tipo acido con componenti di Fluoro, Nitrati, Acido Fosforico per la fosfocromatazione, additivati con vari acceleranti di reazione.

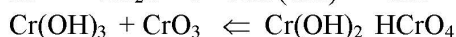
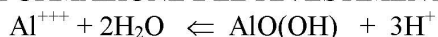
La reazione di formazione del deposito avviene essenzialmente in tre stadi :

1° STADIO - ATTACCO DELL'ALLUMINIO DA PARTE DEI FLUORURI

$$Al + 3HF \Leftarrow Al F_3 + 3H^+$$

2° STADIO - RIDUZIONE DEL CROMO

$$3H^+ + CrO_3 \Leftarrow Cr(OH)_3$$

3° STADIO - FORMAZIONE DEL RIVESTIMENTO

$$Al^{+++} + 2H_2O \Leftarrow AlO(OH) + 3H^+$$

$$Cr(OH)_3 + CrO_3 \Leftarrow Cr(OH)_2\ HCrO_4$$

I controlli di gestione

Il controllo di questi bagni avviene attraverso titolazione del Cromo e misura dell'acidità del bagno con verifica del pH.

Per i bagni di fosfocromatazione è consigliabile predisporre anche un controllo dello ione specifico fluoro con strumento idoneo.
Il titolo di Cromo ed il pH si muovono in relazione e pertanto la loro gestione permette di mantenere il regolare funzionamento della reazione.
I possibili sbilanciamenti sono soprattutto legati alla variazione della quantità di produzione ed ai trascinamenti. In ogni caso possono essere prevenuti ed anche corretti con la normale gestione dei prodotti chimici a disposizione.
In questi casi, escludendo situazioni di bassa o alta concentrazione, si possono incontrare le seguenti condizioni:

- *Titolo del Cromo regolare e Acidità alta (pH basso)*
  Eccesso di acidificazione con rischio di rivestimento pesante, macchiato o polveroso dovuto a trascinamenti acidi dal disossidante, frequenti rinnovi del bagno di cromatazione con ripristino del titolo utilizzando il prodotto di alimentazione invece del prodotti di preparazione bagno.
  Il problema rientra alimentando il bagno con un prodotto meno acido (prodotto di preparazione). Per accelerare l'operazione di rientro può essere consigliabile eseguire un rinnovo parziale del bagno.

- *Titolo del Cromo regolare e Acidità bassa (pH alto)*
  Situazione dovuta a neutralizzazione del bagno per invecchiamento, inquinamento o eccessivo utilizzo di un prodotto poco acido (es. preparazione). Il risultato di cromatazione risulta insufficente. Si può recuperare il problema alimentando il bagno con un prodotto più acido (es. Alimentazione) o additivi di acidità.

Inquinamento
I principali inquinanti del bagno di cromatazione derivano dai trascinamenti delle fasi di sgrassaggio/disossidazione o dal tipo di acqua utilizzata nelle fasi di risciacquo precedenti e sono normalmente Fosfati, Solfati, Cloruri. La loro presenza oltre certi limiti comporta una difficoltà di gestione del bagno di cromatazione con risultati di conversione non ottimali (rivestimento leggero, chiazzato, polveroso, verdastro ecc.).
Per questi casi il rimedio è solo il rinnovo, che può essere anche parziale se l'inquinamento non è ancora elevato.

Rinnovo del bagno di cromatazione e manutenzione
Questo bagno, come gli altri del processo, necessita di un rinnovo correlato all'alluminio disciolto e al Cromo trivalente presenti in soluzione. Il suo rinnovo può essere effettuato totalmente o con rinnovi parziali più frequenti impostati secondo la produzione ed il tipo di depurazione adottato.
Per quanto riguarda la manutenzione di questa fase si deve programmare quanto affrontato per gli stadi precedenti.

- **Processi di conversione esenti da cromo (a base di titanio, zirconio e altri).**

Anche se ancora non diffusamente impiegati, alcuni settori produttivi da qualche anno hanno iniziato ad utilizzare prodotti non contenenti cromo; un utilizzo maggiore, rispetto al passato, anche a causa della nuova classificazione del cromo esavalente, come cancerogeno. Alcuni di essi presentano già un ottimo stato di servizio, nel senso che sono da qualche anno consolidati presso diversi utilizzatori. Sia che si tratti di prodotti cosiddetti "filmanti" cioè con componenti a base di resine organiche oppure "non filmanti", la base chimica è sempre data da un preparato di conversione realizzato con soluzioni a base Fluoridrica contenenti Titanio, oppure Zirconio. Le loro performances dipendono (molto più che nella Cromatazione e nella Fosfocromatazione) da buoni e completi trattamenti preliminari di sgrassaggio e disossidazione. Ciò dipende soprattutto dal

più elevato pH di lavoro (rispetto ai trattamenti Cromici) che riduce le capacità autodisossidanti dei bagni.
Ne consegue che il processo di pretrattamento ottimale è quello almeno a sette stadi, comprendente mordenzatura alcalina e disossidazione acida separate.
Inoltre i prodotti da impiegare in queste fasi preliminari debbono essere particolarmente studiati per eliminare al massimo il rischio di accumulo superficiale di elementi estranei provenienti, ad esempio, dalla lega di alluminio da trattare.

L'impiego di mezzi chimici in grado di precipitare, complessare, ridurre od ossidare ogni metallo estraneo è qui fondamentale per il successo del ciclo.

- **Trattamento di fluotitanazione**

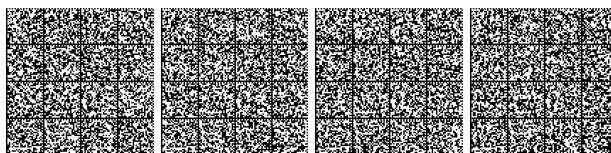
Questo processo fonda i suoi presupposti di successo sull'efficacia e l'efficienza di tutte le fasi. Fornisce un rivestimento a base Fluotitanica arricchito da un particolare sistema di complessazione che lo rende più tenace ed impermeabile rispetto ai suoi omologhi.
Il rivestimento è poi di aspetto visibile ed identificabile anche al controllo di routine, il che rappresenta senz'altro un grande vantaggio poiché rassicura sull'avvenuta reazione superficiale, cosa che non avviene con normali prodotti di Fluotitanazione o Fluozirconatura.
La resistenza e le tenute meccaniche sono di livello analogo a quelli ottenibili con prodotti cromici.
Il processo di Fluotitanazione è oggi una realtà in molti segmenti merceologici quali, ad esempio, i radiatori in lega. Applicando un ciclo a 7 stadi, che risulta qui particolarmente efficace, si raggiungono prestazioni analoghe a quelle dei trattamenti cromici.

- **Ossidazione anodica.**

La formazione di uno strato sottile di ossido anodico è in grado di svolgere le stesse funzioni degli strati di conversione chimica precedentemente descritti. Alcuni problemi di tipo tecnico ed economico ne riducono tuttavia le possibilità di utilizzo. Ad esempio, in Italia lo sviluppo di tale processo non è molto diffuso soprattutto a causa degli elevati costi. Naturalmente, per applicazioni di questo tipo, è necessario stabilire appropriate condizioni di anodizzazione; in particolare lo strato d'ossido non deve essere fissato.

3.2.2.4. Risciacquo finale

Un nota particolare, rispetto ai risciacqui intermedi, deve essere dedicata al risciacquo finale. Infatti questo stadio ha una importanza fondamentale nel ciclo di preparazione al punto che può compromettere anche un'ottima preparazione preliminare.
L'utilizzo di acqua demineralizzata con conducibilità massima di 30 μS, unitamente ad un adeguato investimento dei pezzi, sono una buona condizione per assicurare un efficace completamento del pretrattamento ed evitare quindi che residui salini rimangano sui pezzi, compromettendo l'aderenza della vernice e, conseguentemente la resistenza alla corrosione.

Il controllo di questa fase avviene attraverso la misura della conducibilità della soluzione in vasca e del liquido che sgocciola dai pezzi dopo lo stadio di lavaggio finale. É importante in questa fase evitare salinità elevate (pH troppo acido < 5 o superiore al 7) e fare estrema attenzione all'utilizzo della prima acqua dopo la rigenerazione delle resine che potrebbe portare sui pezzi ed in bagno residui alcalini ad alta salinità.
Si deve anche programmare un controllo della funzionalità dei carboni dell'impianto di demineralizzazione attraverso la verifica del carico organico presente in soluzione.

I problemi che possono derivare da un imperfetto risciacquo demineralizzato possono essere essenzialmente i seguenti:

- Incompleta rimozione della soluzione cromatante
- Risciacquo con elevata salinità e conseguente deposito di residui sulla superficie

Da entrambi possono derivare seri problemi di aderenza della vernice o di resistenza alla corrosione.
La manutenzione di questa fase rispecchia le necessità elencate in quelle precedenti sommate a quella necessaria per la gestione dell'impianto di demineralizzazione.

3.2.2.5. Asciugatura

In questa fase si elimina l'acqua presente sul pezzo e nel rivestimento di conversione. Per ottenere tale risultato si deve impostare una temperatura ed un tempo adeguato per permettere al pezzo di asciugare e non superare i 70°C. Infatti un'asciugatura a temperatura elevata effettua una disidratazione violenta del rivestimento di cromatazione creando delle fessurazioni che possono essere di innesco della corrosione.

Periodicità dei controlli
La periodicità dei controlli deve essere rapportata alla produzione, ma comunque non deve essere inferiore ad una volta per turno.
Tali controlli e le successive operazioni di riallinamento devono essere sempre registrate in un apposito modello che permetta di tenere sotto controllo l'andamento dei parametri e tutti gli interventi eseguiti.

3.2.2.6. Accorgimenti particolari

A completamento di una buona conduzione del ciclo di pretrattamento deve essere tenuto presente di adoperarsi affinchè i pezzi non subiscano sovrapposizione. In tal modo si deve evitare che zone dei pezzi subiscano preparazione differenziata o marginale o addirittura si arrivi alla fine del ciclo con residui di bagno concentrato ancora sui pezzi.

3.3. PROCESSO E IMPIANTI DI ELETTROZINCATURA CONTINUA DI ROTOLI DI ACCIAIO

3.3.1. Generalità

Il processo di elettrozincatura prevede la deposizione in continuo di uno strato di zinco sulla lamiera tramite processo elettrolitico in una serie di celle galvaniche.
Le principali materie prime in ingresso sono: coils provenienti dalle fasi di ricottura e skinpass, zinco, acido solforico, energia elettrica, metano, vapore, oltre ad altri materiali necessari al funzionamento dell'impianto (lubrificanti, aria compressa, acqua, etc.)
Con il processo di elettrozincatura si possono ottenere laminati piani di acciaio rivestiti con zinco, su una o su entrambe le superfici e, mediante ulteriore lavorazione sui post-trattamenti, ottenere i seguenti prodotti:

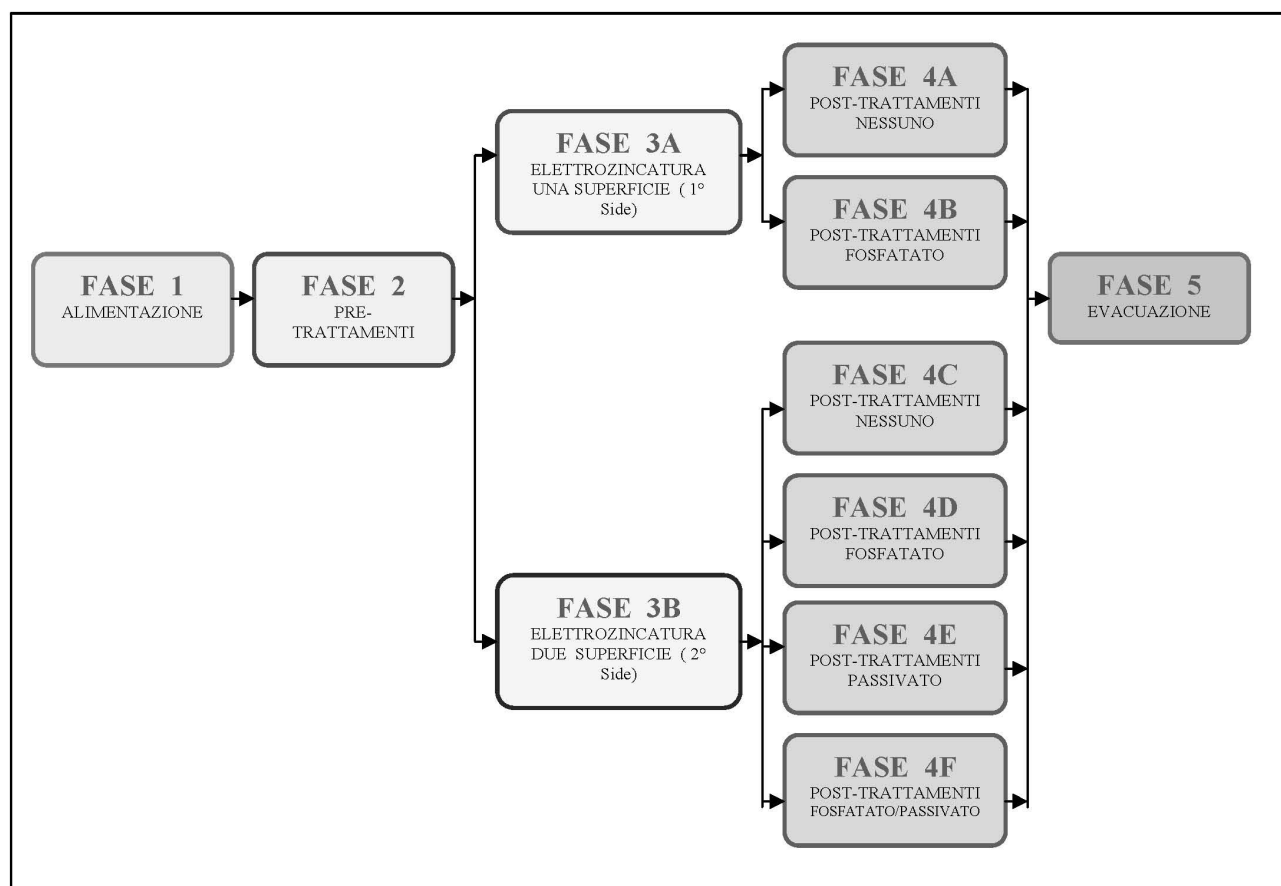
- ***Bianco 1° side***: Rotoli di acciaio elettrozincati solamente su una superficie e senza nessun trattamento finale.
- ***Fosfatato 1° side*:** Rotoli di acciaio elettrozincati solamente su una superficie e successivamente fosfatato per migliorarne la resistenza alla corrosione e la stampabilità.
- ***Bianco 2° side*:** Rotoli di acciaio elettrozincati sulle due superfici e senza nessun trattamento finale.

- ***Fosfatato 2° side*:** Rotoli di acciaio elettrozincati sulle due superfici e successivamente fosfatato per migliorarne la resistenza alla corrosione e la stampabilità.
- ***Passivato 2° side*:** Rotoli di acciaio elettrozincati sulle due superfici e successivamente passivato con sali di zirconio o titanio (ex cromatato).
- ***Fosfatato passivato 2° side*:** Produzione di materiale elettrozincato sulle due superfici e successivamente fosfatato e passivato con sali di zirconio o titanio (ex cromatato).

Tutti i tipi di prodotti possono essere forniti marcati e/o oliati, secondo la richiesta del cliente.

3.3.2. Schema e sezioni del ciclo produttivo

Uno schema di ciclo produttivo tipo può essere rappresentato dalle seguenti principali sezioni:

ALIMENTAZIONE	*PRE-TRATTAMENTO*	*ELETTROZINCATURA*	*POST-TRATTAMENTI*	*EVACUAZIONE*
IMBOCCO	SGRASSAGGIO	1^ GALVANIZZAZIONE	LAVAGGIO ACIDO	ACCUMULO
CESOIATURA TE/CO	SPAZZOLATURA	CENTRAGGIO	ATTIVAZIONE	MARCATURA
SALDATURA	PULITURA ELETTR.	LAVAGGIO	FOSFATAZIONE	ISPEZIONE
LUNETTATRICE	SPAZZOLATURA	RASCHIA BORDI	LAVAGGIO	OLIATURA
ACCUMULO	LAVAGGIO	2^ GALVANIZZAZIONE	DISOSSIDANTE	CESOITAURA
	DECAPAGGIO	LAVAGGIO	LAVAGGIO	AVVOLGIMENTO
	LAVAGGIO		NEUTRALIZZANTE	EVACUAZIONE
			PASSIVAZIONE	PESATURA - IMBALLO
			LAVAGGIO	
			ASCIUGATURA	

3.3.2.1. Alimentazione (o entrata)

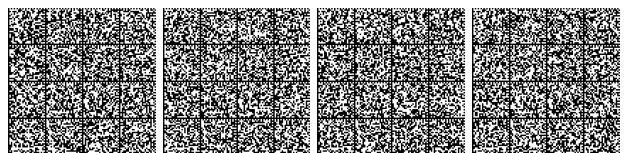
Questa sezione ha la funzione di alimentare il processo in continuo congiungendo la coda di un rotolo con la testa del successivo tramite saldatrice. La torre di accumulo d'ingresso consente di rendere indipendente la fase di introduzione del rotolo con la fase di processo successiva.
Le attività svolte in tale sezione sono le seguenti:

- presa in consegna del materiale da lavorare
- imbocco sull'aspo svolgitore
- condizionamento mediante cesoiatura della testa del nastro per renderla idonea alla saldatura con la coda di quello precedente, anch'esso intestato
- saldatura
- invio all'accumulatore volano

La tipica sezione di entrata di una linea in continuo di elettrozincatura fondamentalmente è costituita da un insieme di apparecchiature del tipo meccanico. In essa si trovano le rampe di stoccaggio in cui vengono collocati i rotoli da trattare e i rispettivi carrelli che effettuano la traslazione del rotolo e permettono l'imbocco sul relativo aspo svolgitore.
Gli aspi svolgitori hanno il compito di bloccare il rotolo in asse con la linea, mediante una espansione idraulica, e poi svolgerlo per alimentare il processo.
Fa parte della sezione di entrata la cesoia, che consente il condizionamento della testa e coda rotolo attraverso l'azione di taglio trasversale, la saldatrice, che permette la giunzione della coda del rotolo precedente alla testa del rotolo seguente, la lunettatrice, che ha il compito di eliminare le scalinature provocate dalla saldatura di due rotoli con larghezza diversa, la briglia composta da rulli che mettono in tensione il nastro e regola le condizioni di tiro all'aspo svolgitore durante la lavorazione.
La sezione entrata è completata, normalmente, dalla torre volano di accumulo, che permette di accumulare del materiale e consente di non interrompere la lavorazione durante le operazioni di alimentazione della linea (sezione entrata ferma), e da guidanastro che permette, attraverso movimenti basculanti, la correzione del nastro con movimenti laterali, il complesso guidanastro è governato da cellule fotoelettriche.

3.3.2.2. Pre-trattamento

In questa sezione il nastro subisce i trattamenti necessari per consentire un'ottimale zincatura, che risulta fortemente condizionata dal suo stato di pulizia.
Le attività svolte in tale sezione sono principalmente le seguenti:

- sgrassaggio: sul nastro viene spruzzata, tramite ugelli a pressione, una soluzione alcalina contenenti tensioattivi, al fine di eliminare l'olio protettivo presente. Lo sgrassaggio del nastro ed il relativo lavaggio possono essere effettuati anche a monte della torre di accumulo;
- spazzolatura meccanica della superficie inferiore e/o superiore: sul nastro viene eseguita una pulitura meccanica tramite due coppie di spazzole al fine di eliminare le sostanze non asportabili tramite sgrassaggio ed i residui rimasti dopo lo stesso.
- pulitura elettrolitica: sul nastro viene eseguita una pulitura elettrolitica facendolo passare in celle equipaggiate di anodi. Nelle celle è presente una soluzione simile a quella impiegata nello sgrassaggio. Tra anodi e nastro viene impresso il passaggio di corrente che produce sviluppo di gas. Lo scopo è quello di eliminare ogni residuo oleoso superficiale tramite un'azione chimica e un'azione meccanica indotta dal passaggio di corrente;
- spazzolatura: viene eseguita una pulitura tramite una coppia di spazzole al fine di asportare i residui presenti dopo la pulitura elettrolitica;
- lavaggio con acqua di ricircolo: viene effettuato mediante ugelli a pressione;

- decapaggio: il nastro viene immerso in una soluzione acida per eliminare eventuali residui di prodotti alcalini e ossidi di ferro dalla superficie;
- lavaggi in acqua corrente: sul nastro viene spruzzata acqua demineralizzata, tramite ugelli, al fine di eliminare dalla superficie i residui acidi del bagno di decapaggio.

Nella sezione di pre-trattamenti, normalmente si trovano le seguenti macchine:

Sgrassaggio: tipicamente costituito da vasche di raccolta nelle quali è contenuta la soluzione, da pompe che immettono la soluzione stessa sulle rampe di spruzzo, dalle rampe di spruzzo sovra e sottostanti il nastro chiuse in appositi cassoni, dai rulli strizzatori all'inizio ed alla fine della zona e dalla serpentina di riscaldo immersa nella soluzione. Consente l'eliminazione dell'olio protettivo e di altre sostanze presenti sul nastro in lavorazione, per mezzo di una soluzione alcalina che viene riscaldata e mantenuta alla temperatura di griglia mediante un sistema a serpentine di riscaldo attraversate dal vapore.
Un aumento del tempo di permanenza del rotolo nella sezione (rallentamento) determina l'aumento dell'effetto detergente.
Le impurità oleose rimosse dalla superficie del nastro sono evacuate periodicamente dalle vasche di raccolta sotto forma di fanghi o tramite sistema di disoliatura.

Spazzolatrice: l'attrezzatura è formata da gruppi di spazzole cilindriche, superiori ed inferiori, montate su alberi rotanti sovra e sottostanti la linea di passaggio del nastro, ognuna contrapposta a rulli di riscontro in acciaio e consente l'asportazione, tramite l'azione meccanica, delle particelle presenti sulla superficie del nastro; l'azione è agevolata da spruzzi di acqua che hanno anche il compito di allontanare gli inquinanti dal nastro.

Pulitura elettrochimica: tipicamente costituita da una vasca contenente la soluzione, da pompe che alimentano le vaschette, dagli anodi insolubili in ferro, da rulli elettrici contrapposti ai rulli in gomma, dai rulli strizzatori all'ingresso e all'uscita della zona e dalla serpentina di riscaldo immersa nella soluzione
Il nastro viene caricato negativamente tramite i rulli elettrici posti in entrata e in uscita di ciascuna delle vasche di processo, nelle quali sono immersi gli anodi caricati positivamente.
L'efficienza di pulitura è dovuta, oltre che all'azione chimica della soluzione alcalina, agli effetti provocati dal passaggio di corrente tra nastro ed anodo: in ogni istante infatti si ha lo sviluppo di ossigeno sui poli positivi e di idrogeno sui poli negativi. La formazione di questi gas, per azione meccanica, stacca dal nastro i residui oleosi e le eventuali particelle solide presenti; inoltre tali gas creano nel liquido una forte agitazione che, sommata alla turbolenza creata dal ricircolo della soluzione, allontana dal nastro le impurità, evitando così che ricadano su di esso.
Ad intervalli di tempo opportuno la polarità dei rulli elettrici (che lavorano anch'essi in immersione) e degli anodi, viene invertita per alcuni minuti; tale operazione serve per "pulire" i rulli e gli anodi stessi.

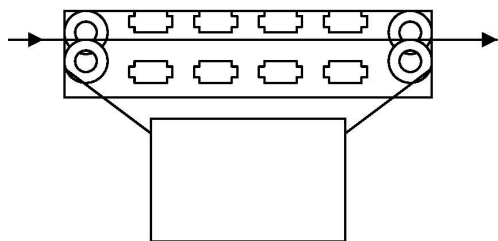
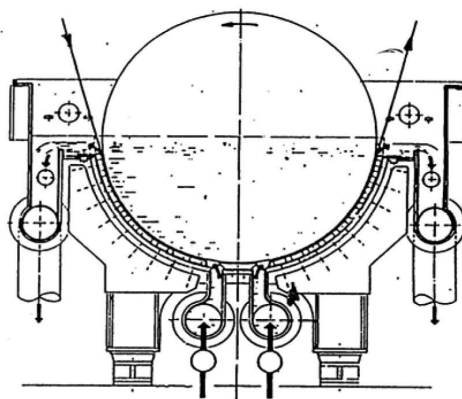
Lavaggi: hanno il compito, attraverso l'azione di spruzzi di acqua demineralizzata sovra e sottostanti il nastro, di eliminare eventuali tracce del bagno precedente.
Fanno parte del complesso una coppia di rulli strizzatori in gomma antiolio, posta in ingresso, una coppia di rulli strizzatori posta in uscita, una vasca di raccolta a recupero e una pompa che alimenta le rampe di spruzzo.

Rulli centratori: effettuano, attraverso movimenti basculanti, la correzione di spostamenti laterali del nastro ed il loro posizionamento è governato da cellule fotoelettriche.

Decapaggio: elimina eventuali residui alcalini e gli ossidi di ferro dalla superficie del nastro, tramite l'azione di una soluzione di acido solforico diluito.
La zona è costituita dalla vasca di raccolta, dalla pompa che invia la soluzione acida alla vaschetta, dalla vaschetta ove si immerge il nastro e dalle serpentine di riscaldo immerse nella soluzione.
Dati i tempi di trattamento previsti, la concentrazione del bagno e la temperatura di esercizio, l'operazione è da considerarsi come un trattamento neutralizzante dei residui dei bagni precedenti (alcalini) e di attivazione superficiale in vista dell'elettrodeposizione di zinco.

Il bagno acido è comunque in grado di eliminare gli ultimi eventuali residui di ossidi di ferro sulla superficie del nastro (presenti a livello di tracce), che potrebbero provocare una scarsa aderenza del deposito di zinco.

3.3.2.3. Elettrozincatura

In questa sezione si ha l'elettrodeposizione di zinco tramite celle elettrolitiche del tipo radiali o orizzontali ad anodi solubili o insolubili. Il nastro passa attraverso una serie di celle immerso in una soluzione elettrolitica costituita da solfato di zinco.
Le celle sono attrezzate con una sezione catodica (rulli conduttori) che conferisce potenziale negativo al nastro d'acciaio e da una sezione anodica (positiva).
Lo zinco si deposita sul nastro per effetto Faraday e lo spessore del deposito dipende da: velocità del nastro, larghezza dello stesso, corrente trasmessa.

Cella orizzontale Cella radiale

La soluzione elettrolitica viene preparata e controllata nei suoi parametri chimico/fisici da un impianto di dissoluzione.
Le celle vengono quindi alimentate in continuo dalla soluzione elettrolita rigenerata ed eventualmente filtrata, ove necessario.
Il rivestimento può essere su una o due facce del nastro con spessori variabili, programmabili e controllabili in automatico tramite il controllo di processo.
In una tipica sezione di elettrozincatura a celle radiali avvengono:

- l'elettrozincatura del materiale nelle celle radiali ad anodi insolubili attivati al titanio immersi nella soluzione elettrolitica (solfato di zinco) proveniente dall'impianto di dissoluzione
- il lavaggio in acqua corrente
- la pulizia dei bordi (soprattutto del polverino di zinco) mediante raschiatura.

Questa sezione è costituita da una serie di celle radiali ad anodi insolubili, dai relativi gruppi di alimentazione elettrica e dall'impianto di dissoluzione per la soluzione elettrolitica a base di solfato di zinco.
La geometria delle celle radiali permette, ad ogni passaggio, l'elettrozincatura di una sola superficie del nastro: una superficie è a contatto con un rullo guida gommato di grande diametro, l'altra superficie (da rivestire) è rivolta verso gli anodi insolubili attivati al titanio; l'elettrolita percorre le due semicelle a portata variabile, in un canale formato dalla superficie attiva degli anodi e dalla superficie del nastro che deve essere zincata; detto canale (meato o gap) è di pochi millimetri.
Nel caso di produzione di "one side", il nastro passa in serie tutte le celle, seguendone l'ordine geometrico naturale e, all'uscita dell'ultima, entra nella zona di post-trattamento.

Nel caso di produzione di "two side" all'uscita del primo gruppo di celle il nastro by-passa il secondo gruppo ed entra nello stesso in ordine geometrico inverso.
Ogni cella è divisa in due semicelle, separate da un settore rugoso inerte, tale settore è posto sulla parte inferiore della cella e serve per dividere il flusso dell'elettrolita che entra, attraverso un diffusore, nella parte inferiore della cella stessa in modo che alimenti entrambe le semicelle.
Il contatto elettrico con il nastro è garantito dai rulli "portacorrente" che sono posizionati tra una cella e l'altra.
I collettori dei rulli "portacorrente" e i terminali degli anodi fanno capo alle due polarità degli alimentatori (tipicamente da 16.000 A – 20 V), ognuno dei quali alimenta una semicella.

Impianto dissoluzione zinco (elettrozincatura)
L'impianto consente il mantenimento costante della concentrazione di zinco nella soluzione elettrolitica, in base al consumo di zinco dovuto alla elettrodeposizione (comprese le perdite per trascinamento o altro).
La dissoluzione è ottenuta a ciclo chiuso, in un settore separato dalle celle di elettrodeposizione.
L'impianto di dissoluzione zinco è costituito principalmente da piscine contenenti la soluzione di zincatura (solfato di zinco) che viene inviata alle celle di zincatura tramite una serie di pompe di mandata, da dissolutori in cui viene disciolto lo zinco, da un serbatoio di stoccaggio del solfato di zinco proveniente dal pozzetto recupero perdite, da un circuito di ricircolo della soluzione e da un circuito di raffreddamento automatico della soluzione.

Lavaggio
Il lavaggio ha lo scopo di eliminare dalla superficie del nastro i residui della fase di zincatura trascinati dal nastro stesso, inoltre ha lo scopo di evitare i fenomeni di ossidazione della superficie del nastro non trattata. Fanno parte del complesso una coppia di rulli strizzatori in ingresso e uscita zona, una vasca di raccolta con drenaggio continuo e le rampe di spruzzi sovra e sottostanti il nastro.

Raschiabordi
Hanno la funzione di eliminare il polverino di zinco che si accumula ai bordi del nastro, specialmente durante le lavorazioni ad alto rivestimento (> 7,0 μ).

3.3.2.4. Post-trattamenti

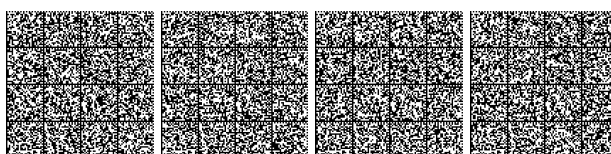
Il materiale elettrozincato può essere sottoposto ai seguenti trattamenti finali rappresentati da:
- lavaggio acido: è la prima fase dei post-trattamenti e l'ultima nel caso di materiale elettrozincato secco. Consiste nel trattamento a spruzzi con soluzione acida e successivo risciacquo con acqua demineralizzata.

- attivazione: consiste nel trattamento a spruzzo del nastro in apposito tunnel con soluzione a base di sali di titanio, necessario per la preparazione della superficie per la successiva fosfatazione.
- fosfatazione: consiste nel trattamento a spruzzo con soluzione di fosfati di nichel, zinco e manganese o altri componenti in funzione delle richieste del cliente. Tale trattamento migliora la qualità del prodotto in termini di resistenza alla corrosione.
- passivazione: rivestimento del nastro fosfatato con flash di passivante (sali di zirconio o titanio, ex cromatato) a spruzzo in apposito tunnel.
- pulizia dei bordi (soprattutto del polverino di zinco) mediante spazzolatura
- lavaggio e disossidante: trattamento necessario per eliminare dalla superficie eventuali residui indesiderati sul prodotto finale. Il lavaggio viene effettuato con acqua demineralizzata a spruzzo.
- asciugatura: in questa fase il nastro viene asciugato con aria calda al fine di eliminare ogni traccia di umidità residua.

Tale sezione tipicamente è costituita dalle seguenti apparecchiature:

Lavaggi acidi: la parte impiantistica dei lavaggi in cascata ha lo scopo di fornire un'ulteriore pulizia al nastro prima che questo passi alla fase di post-trattamento; all'occorrenza il primo lavaggio può essere usato come lavaggio acido.
Questa parte dell'impianto è costituita da vasche di raccolta poste ad altezze diverse, in ordine crescente secondo il senso di marcia del nastro, collegate tra loro; l'acqua si riversa dalla più alta alla più bassa in cascata; con questo sistema quando si utilizza nel primo lavaggio una soluzione acida, nei lavaggi successivi si riduce l'acidità superficiale del nastro fino ad una completa pulizia.
Le vasche di raccolta sono sormontate dalle rispettive camere di lavaggio dotate di rampe di spruzzi, al di sotto e al di sopra del nastro, alle quali la soluzione viene mandata tramite pompe .
In ingresso e in uscita di ogni vasca di processo vi sono coppie di rulli strizzatori.

Attivazione: il trattamento di attivazione permette di condizionare il nastro in modo da consentire una migliore aderenza del prodotto fosfatante; quando non è prevista la fosfatazione del materiale la vasca può essere svuotata e riempita di acqua per essere utilizzata come lavaggio.
La zona impiantistica è costituita da una vasca di raccolta della soluzione sormontata da una camera di trattamento con rampe di spruzzi sopra o sotto il nastro, una pompa di mandata della soluzione, una coppia di rulli strizzatori all'ingresso e all'uscita della zona e una serpentina di riscaldo attraversata dal vapore.
Il bagno di attivazione utilizza una soluzione di acqua demineralizzata e sali di titanio; detta soluzione viene messa a contatto con il nastro attraverso le rampe di spruzzo sovra e sottostanti ad esso; la temperatura di esercizio è raggiunta (e mantenuta) mediante uno scambiatore di calore posto all'interno della vasca di raccolta.

Fosfatazione: per la fosfatazione si utilizza una soluzione di acqua e prodotto fosfatante bicationico o tricationico; i prodotti possono essere diversi perché diversa è la loro funzione: alcuni prodotti migliorano la resistenza alla corrosione del prodotto, altri migliorano la lavorabilità del nastro in fase di stampaggio.
La parte impiantistica è composta da vasche di raccolta della soluzione sormontate da camere di trattamento dotate di rampe di spruzzi sovra e sottostanti il nastro ,da pompe per ogni vasca di raccolta, da coppie di rulli strizzatori all'ingresso e all'uscita delle camere di trattamento e da una serpentina di riscaldo attraversata dal vapore. Un sistema di filtrazione permette di rimuovere eventuali sali insolubili che possono formarsi nel bagno di fosfatazione.

*Lavaggio/disossidante:*il settore può essere utilizzato nelle 2 funzioni. Per la funzione di disossidante si utilizza una soluzione acida che viene spruzzata sul nastro, nella fase di lavorazione 1 side, sempre unitamente alla passivazione neutralizzante; lo scopo è quello di rimuovere dal nastro eventuali centri di ossidazione. Lo scopo per la funzione di lavaggio è quello di eliminare i residui del bagno precedente dalla superficie del nastro.
La zona è costituita da una vasca di raccolta, da una pompa di rilancio dell'acqua di lavaggio alla camera di trattamento, da serie di rampe di ugelli sovra e sottostanti il nastro e da coppie di rulli strizzatori in ingresso e in uscita. La temperatura di esercizio viene raggiunta tramite una serpentina posta nella vasca di raccolta.

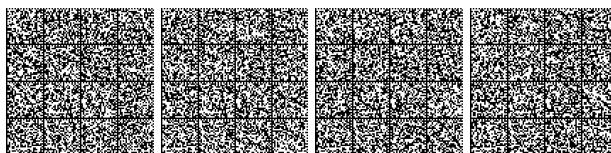
Passivazione esente cromo (impropriamente detta cromatazione): la passivazione esente cromo sul nastro elettrozincato ha lo scopo di aumentare la resistenza alla corrosione in fase di immagazzinamento e di utilizzo; può essere richiesta sul materiale tal quale o già fosfatato. Il prodotto utilizzato è un composto acido a base di sali di titanio o zirconio.
Quando non è previsto il post-trattamento di passivazione esente cromo, la vasca può essere svuotata e riempita con acqua per essere utilizzata come lavaggio.
La zona è composta dalle seguenti parti: vasca di raccolta, pompa di rilancio alla camera di trattamento, serie di rampe di spruzzi poste sovra e sottostanti il nastro, coppie di rulli strizzatori in ingresso e in uscita e una serpentina di riscaldo attraversata dal vapore.

Lavaggio/passivazione neutralizzante: il settore può essere utilizzato nelle 2 funzioni. Per la funzione di passivazione neutralizzante, si utilizza una soluzione acida che viene spruzzata sul nastro, nella fase di lavorazione 1 side, sempre unitamente al disossidante: lo scopo è quello di rimuovere dal nastro eventuali centri di ossidazione .
Lo scopo per la funzione di lavaggio è quello di eliminare i residui del bagno precedente dalla superficie del nastro.
La zona è composta dalle seguenti parti: vasca di raccolta, pompa di rilancio alla camera di trattamento, serie di rampe di spruzzi poste sovra e sottostanti il nastro e coppie di rulli strizzatori in ingresso e in uscita.
La temperatura di esercizio viene raggiunta e mantenuta tramite una serpentina attraversata dal vapore, posta nella vasca di raccolta.

Spazzolatura bordi: ha la funzione di eliminare il polverino di zinco che si accumula ai bordi del nastro, specialmente durante le lavorazioni ad alto rivestimento (> 7,0 μ).
Le spazzole, quando il sistema è attivato, lavorano adiacenti al bordo al fine di rimuovere il polverino depositato.

Lavaggio: lo scopo di tale trattamento è quello di "lavare" accuratamente il nastro prima di passare alla sezione di uscita.
La zona è costituita da una vasca di raccolta, una pompa di rilancio alla camera di lavaggio, una serie di rampe di spruzzi poste al di sopra e al di sotto del nastro e coppie di rulli strizzatori in entrata e uscita.
La temperatura di esercizio viene raggiunta e mantenuta tramite una serpentina attraversata dal vapore, posta nella vasca di raccolta.

Essiccatoio: la struttura serve per asciugare il materiale rivestito prima della sezione di uscita; l'insufflaggio dell'aria, riscaldata dal passaggio fra una serie di tubi attraversati dal vapore, avviene tramite ventola.

3.3.2.5. Evacuazione (o uscita)

Dopo l'asciugatura a getti di aria calda, il materiale è marcato (quando richiesto dal cliente) e ispezionato; segue l'applicazione di olio protettivo (se richiesto dal cliente) e la cesoiatura per eliminare la saldatura (divisione dei coils) e prelevare i campioni per le prove di idoneità all'ordine. Il materiale è quindi riavvolto, pesato, imballato e trasportato al magazzino di destino.
In una tipica sezione d'uscita troviamo le seguenti apparecchiature: il misuratore di spessore di rivestimento in continuo, che ha il compito di verificare e garantire l'uniformità di rivestimento sullo sviluppo di tutto il materiale, briglie composte da rulli che permettono di tenere costantemente teso il nastro durante il percorso, rulli centratori che consentono, attraverso movimenti basculanti, la correzione di spostamenti laterali del nastro, torre volano di accumulo della sezione di uscita che ha lo scopo di mantenere costante la velocità di processo accumulando il materiale in lavorazione, al fine di consentire l'esecuzione di operazioni per le quali è previsto l'arresto della linea in sezione uscita, timbratrice/marcatrice a getto di inchiostro, che provvede alla marcatura del materiale in modo tale che possa essere prontamente identificato.
Completano la sezione d'uscita l'oliatrice elettrostatica, che ha il compito di oliare le superfici del nastro con un film d'olio uniforme, i rulli di presa, che consentono il bloccaggio e l'avanzamento della testa del nastro in fase di imbocco sull'aspo avvolgitore, la cesoia che consente la divisione del rotolo e l'eliminazione di eventuali tratti difettosi ed il prelievo dei campioni, l'aspo avvolgitore e l'avviluppatore che consentono il regolare riavvolgimento del nastro.

4. DESCRIZIONE DELLE ANALISI ELABORATE IN AMBITO COMUNITARIO PER L'INDIVIDUAZIONE DELLE MTD

Il concetto di Migliori Tecniche Disponibili è quello riportato all'art.2 della Direttiva 96/61/CE del 24 settembre 1996 sulla prevenzione e la riduzione integrata dell'inquinamento, recepito nell'ambito del D.lgs n. 372/99, che in particolare definisce per "migliori tecniche disponibili" (MTD – Best Available Tecniques):
"la più efficiente e avanzata fase di sviluppo dell'attività e relativi metodi di esercizio indicanti l'idoneità pratica di determinate tecniche a costituire, in linea di massima, la base dei valori limite di emissione intesi ad evitare oppure, ove ciò si riveli impossibile, a ridurre in modo generale le emissioni e l'impatto sull'ambiente nel suo complesso"

L'art.2 chiarisce ulteriormente le suddette definizioni specificando il significato di ciascun termine nel modo seguente:
- migliori: qualifica le tecniche più efficaci per ottenere un elevato livello di protezione dell'ambiente nel suo complesso
- tecniche: si intendono sia le tecniche impiegate sia la modalità di progettazione, esercizio e chiusura dell'impianto
- disponibili: qualifica le tecniche sviluppate su una scala che ne consenta l'applicazione in condizioni economicamente e tecnicamente valide nell'ambito del pertinente comparto industriale, prendendo in considerazione i costi e i vantaggi, indipendentemente dal fatto che siano o meno applicate o prodotte nello Stato membro di cui si tratta, purché il gestore possa avervi accesso a condizioni ragionevoli

In particolare le "tecniche" di prevenzione e riduzione integrata dell'inquinamento possono essere a loro volta di tipo integrato con il processo oppure possono essere delle tecnologie da prevedere a valle del processo per la riduzione del suo impatto sull'ambiente.

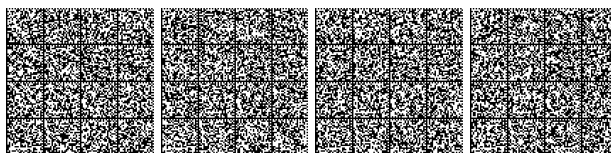
Per una trattazione esaustiva dell'argomento si rimanda alla *"Draft Reference Document on Best Available Tecniques for the Surface Treatment of Metals and Plastics"*.
Quanto di seguito descritto si basa sulla Final Draft di maggio 2005, che è stata portata per l'approvazione all' I.E.F.

Al fine di consentire maggiore completezza e facilità di consultazione, nel §5.2 è riportato un elenco delle MTD, selezionate dal BRef e descritte nei concetti di base che interessano i processi di finitura dell'alluminio.
Come nei capitoli precedenti la descrizione dei trattamenti superficiali dell'alluminio è presentata separatamente, non tanto per la propria specificità tecnologica, quanto per la diversa organizzazione del settore industriale

4.1. ASPETTI TECNICI, TECNOLOGICI E AMBIENTALI DEL SETTORE GALVANICO

4.1.1. Aspetti tecnici e tecnologici

4.1.1.1. Pretrattamento

I pezzi o il substrato da trattare devono venire puliti dalla polvere, dagli sfridi, dai residui della lavorazione, dal grasso e dagli ossidi per assicurare una applicazione uniforme e un'adesione permanente del trattamento superficiale. Di solito, i pezzi devono essere totalmente lisci affinchè si possa ottenere un trattamento di alta qualità.
Il pretrattamento include sia la rimozione del grasso e/o olio, degli ossidi e l'eventuale attivazione chimica delle superfici per i trattamenti successivi.

In ambito comunitario sono state analizzate le seguenti tipologie di intervento:

1. smerigliatura e lucidatura
2. lucidatura elettrolitica e chimica
3. elettrolucidatura
4. lucidatura elettrolitica al plasma
5. pulitura abrasiva
6. sbavatura e pulitura al tamburo
7. sgrassatura con solventi
8. lame di aria
9. centrifuga
10. ghiaccio secco
11. strofinamento manuale
12. pulitura a base acquosa
13. decapaggio e disincrostazione
14. decapaggio, attivazione e sgrassatura aiutata elettroliticamente
15. strippaggio dei metalli
16. lavaggio e drag-out

<u>1 - smerigliatura e lucidatura</u>
La lucidatura meccanica produce una superficie amorfa per influenza della pressione e dell'alta temperatura locale. I singoli componenti vengono smerigliati usando spazzole, mole o nastri abrasivi e poi lucidati con una pasta abrasiva, che rimuove le piccole imperfezioni. Queste attività stanno andando in disuso poiché le moderne tecniche di produzione realizzano componenti con superfici migliori o usano materiali alternativi, quali le plastiche che possono essere stampate meglio. In genere, il processo è automatizzato quando i pezzi trattati sono numerosi.

Considerazioni ambientali: rumore e polvere associati. Inoltre, i rifiuti prodotti devono venire trattati in maniera opportuna.

<u>2 - lucidatura elettrolitica e chimica</u>
Produce superfici liscie e brillanti. La lucidatura chimica e quella elettrolitica sono infatti processi di dissoluzione selettiva dove le convessità della superficie ruvida sono dissolte più velocemente delle concavità. I potenziali vantaggi di questi processi sono:

- la somiglianza con i processi di anodizzazione e elettrodeposizione, essi possono quindi essere applicati insieme in una singola linea di produzione, con considerevole riduzione della grandezza dell'impianto e semplificazione dei controlli;
- sono adatti per le minuterie e i costi di produzione sono sensibilmente più bassi, particolarmente per i componenti non adatti alla lucidatura automatica;
- la superficie risulta pulita e fornisce una migliore adesione al deposito successivo e una maggiore resistenza alla corrosione;
- il potere riflettente e il colore sono spesso migliori e non c'è tendenza alle velature o patine.

Considerazioni ambientali: alcuni dei composti chimici utilizzati nella elettrolucidatura sono tossici, e devono venire quindi considerati nel luogo di lavoro e al momento dello smaltimento dei bagni esausti. Gli elettroliti e gli acidi esausti hanno un basso pH e un'alta concentrazione di metalli dissolti, inclusi cromo e nichel, perciò necessitano di essere trattati prima di essere smaltiti come reflui- o possono venire trattati come rifiuti pericolosi. Gli elettroliti usati per l'acciaio inossidabile

portano ad un eccessivo quantitativo di ferro in soluzione. L'acqua di pulitura per i medesimi motivi deve essere trattata.
I fumi acidi, particolarmente quelli contenenti cromo esavalente, necessitano di estrazioni e trattamenti. Dove viene usato l'acido nitrico deve essere usato uno scrubber per rimuovere gli ossidi d'azoto.
Non ci sono rumori e polveri associati al trattamento.

3 - elettrolucidatura
L'elettrolucidatura è un metodo elettrochimico (dove il pezzo funge da anodo) comunemente usato per lisciare, lucidare e pulire i vari metalli, generalmente acciaio, acciaio inossidabile, rame e sue leghe, alluminio e sue leghe. L'elettrolucidatura rimuove elettroliticamente un sottile strato superficiale, e viene usata generalmente nei casi in cui si necessita di una superficie veramente liscia e lucida.
Nei processi di elettrolucidatura vengono usati elettroliti diversi. In genere essi sono una miscela di vari acidi (acido solforico, acido cromico, acido citrico e/o acido fosforico) a cui possono venire aggiunti alcuni composti organici.

Considerazioni ambientali: durante l'elettrolucidatura dell'acciaio inossidabile è consigliabile l'aspirazione dei gas che si formano sulla superficie della soluzione.

4 - lucidatura elettrolitica al plasma
E' una tecnica alternativa per alcuni tipi di applicazioni. Il processo differisce dalla elettrolucidatura convenzionale principalmente per gli elettroliti e i parametri di processo utilizzati. Invece di una miscela di acidi, questi elettroliti sono formati da una soluzione di sali differenti, che sono meno dannosi per la salute e per l'ambiente ed ugualmente efficaci. In questo processo il potenziale elettrico utilizzato tra anodo e catodo è nel range di 200-400 VFC a seconda della soluzione e temperatura utilizzata (40-95°).

5 - pulitura abrasiva
Tradizionalmente viene adoperata sabbia, ma si può utilizzare materiale abrasivo più fine come i gusci delle noci tritati. Queste tecniche riducono la tensione superficiale del pezzo.

Considerazioni ambientali: rumore e polvere associati a queste attività. Inoltre, i rifiuti prodotti devono venire trattati in maniera opportuna.

6 - sbavatura e pulitura al tamburo
Viene applicata alle minuterie, è spesso seguita dal trattamento con rotobarile. I pezzi vengono mescolati con materiale abrasivo e fatti vibrare assieme per molte ore. Questa tecnica può venire applicata in un mezzo acquoso con additivi chimici per pulire, eliminare le sbavature e decapare le parti.

Considerazioni ambientali: rumore e polvere associati. I rifiuti prodotti possono essere contaminati da olio, sostanze tensioattive e particelle abrasive.
Dove si utilizza un sistema acquoso, gli effluenti devono essere sottoposti a trattamenti specifici per eliminare i metalli in soluzione e il COD. Questi effluenti sono spesso riciclati dopo una centrifugazione, semplice filtrazione o ultrafiltrazione. I residui prodotti dai trattamenti possono poi essere mandati in un apposito impianto di trattamento dei rifiuti fuori sito o in quello chimico-fisico delle acque di scarico in sito. I rifiuti prodotti dalla lavorazione devono venire trattati in maniera opportuna.

7 - sgrassatura con solventi

E' realizzata utilizzando idrocarburi clorurati, alcool, terpeni, chetoni, acqua ragia o idrocarburi. I vantaggi degli idrocarburi sono legati alla buona efficienza nel pulire, l'universale applicabilità e il veloce essiccamento; ma sono poco utilizzati a causa delle norme ambientali e di sicurezza sul lavoro. Tutti i solventi, infatti, colpiscono il sistema nervoso centrale e l'esposizione deve essere controllata.

Esistono due tipi di processi:

1. pulitura a freddo: i pezzi e/o i substrati vengono immersi nel solvente o puliti con un flusso continuo di solvente;
2. a vapore: il solvente viene vaporizzato in un bagno apposito dove vengono introdotti i pezzi da trattare. Il vapore condensa su di essi dissolvendo il grasso, trascinandosi via lo sporco e lasciando in questo modo il componente pulito e asciutto. I solventi più comunemente usati sono gli idrocarburi.

La scelta del solvente dipende da una serie di fattori tra i quali il substrato da pulire, il tipo di olio o grasso da rimuovere, il processo di produzione e le necessità dei trattamenti successivi.

Considerazioni ambientali: poiché certi idrocarburi vengono classificati come materiali potenzialmente cancerogeni, per il rischio di inquinamento dell'acqua e il problema delle emissioni in aria, il loro uso viene fortemente normato. Da considerare inoltre che molti solventi sono infiammabili e non auto-essiccabili

8 - lame di aria

Possono essere utilizzate per rimuovere l'eccesso di olio e grasso. Sono sistemi a bassa pressione e grande volume dove l'aria viene immessa attraverso delle fessure, formando una barriera laminare attraverso la quale deve passare il pezzo. L'aria, a causa della compressione e il movimento nel sistema, riscalda i grassi e oli, aiutandone la rimozione. Sia il movimento dell'aria laminare che la temperatura facilitano l'essiccamento dei componenti.

9 - centrifuga

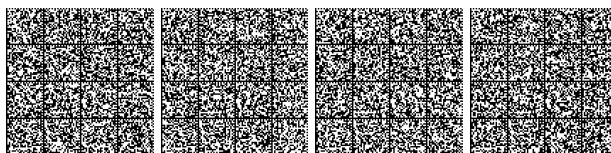
E' usata per rimuovere l'eccesso di grasso, e di solito viene appliccata a pezzi piccoli prima del trattamento con il rotobarile.

10 - ghiaccio secco

La pulitura con pezzi di ghiaccio secco, un processo chiamato Cryoclean, può essere usata per rimuovere olio, grassi, particelle e vernice. La pulitura è effetto del raffreddamento, rottura degli strati di inquinanti, impatto meccanico e sollevamento da parte dei gas formati dalla sublimazione del ghiaccio secco.

I pezzi di ghiaccio sono prodotti a partire dalla CO_2 liquida, con diametro di 3mm e lunghezza di 8mm alla temperatura di –78°C. Vengono accelerati a una velocità da 100 a 300 m/s e liberano energia cinetica sulla superficie nel momento dell'impatto, quando sublimano immediatamente, raffreddando localmente la superficie stessa; la capacità di pulizia è conseguenza della differenza tra i coefficienti di espansione termica del substrato e degli strati di inquinanti oltre che dell'azione meccanica.

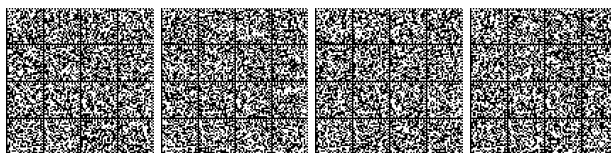
Dopo l'uso, i pezzi di ghiaccio secco evaporano e l'unico rifiuto formato è quello solido delle superfici rimosse.

Considerazioni ambientali: il processo è rumoroso e richiede dispositivi di protezione per il lavoratori. I rifiuti possono contenere composti tossici (come nel caso di vernici con metalli pesanti, piombo, cadmio..). I lavoratori devono proteggere gli occhi e le vie respiratorie. È necessaria l'estrazione dell'aria e la filtrazione.

11 - strofinamento manuale
Si effettua strofinando del solvente o un adsorbente come gesso o calce viva con uno strofinaccio. Viene usato per pezzi molto grandi, quali componenti aerospaziali, o per piccoli componenti per i quali la qualità della finitura è importante.

12 - sgrassatura a base acquosa
I pezzi possono venire immersi in una soluzione o messi in un bagno a spruzzo. La soluzione è usualmente alcalina o neutra, ma potrebbe anche essere acida, e di solito si lavora ad una temperatura tra i 50-90°C per il maggior effetto pulente. I principali componenti del sistema di pulitura a base acquosa sono: alcali o acidi, silicati, fosfati e agenti complessi e tensioattivi. Il processo lavora formando emulsioni instabili o stabili. Questo trattamento evita l'uso dei solventi. I pezzi puliti possono rimanere bagnati se il trattamento successivo, come l'elettrodeposizione, è in ambiente acquoso. La durata della vita delle soluzioni dipende dalla potenzialità produttiva (numero di pezzi trattati) e dal quantitativo di olio e grasso presente sui pezzi. La sua efficienza dipende dal tipo e dalla concentrazione dei composti chimici, dagli effetti meccanici (pressione dello spruzzo, portata, agitazione delle parti o della soluzione, ultrasuoni) dalla temperatura e dal tempo.

Considerazioni ambientali:

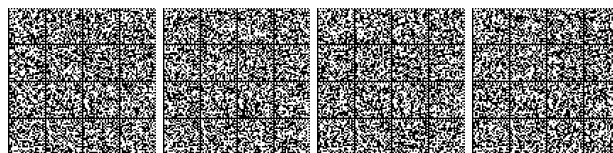
- uso di energia: le vasche di processo operano a una temperatura di 50-90°C e possono richiedere l'estrazione del fumo per rimuovere il vapore acqueo e i fumi acidi o alcalini.
- Acqua di scarico: (comprese quelle derivanti dalle unità scrubber) possono richiedere un semplice trattamento per il pH o un impianto chimico-fisico di trattamento degli effluenti.
- Metalli possono essere "strippati" dalle superficie del substrato (compresi elementi in traccia come piombo) e separati dopo aver corretto il pH.
- Le soluzioni alcaline o acide vengono di solito trattate separatamente dall'impianto di trattamento delle acque a causa del loro pH.
- Rimpiazzando i componenti consumati e rimuovendo lo sporco, l'olio e il grasso, si può aumentare la vita della soluzione. Le soluzioni utilizzate per pulire vengono separate dagli effluenti di altri processi per evitare le interferenze dovute all'eccesso di tensioattivi. Le soluzioni che contengono agenti complessi dovrebbero venir separate dalle altre acque di scarico contenenti ioni metallici.

13 - decapaggio e disincrostazione
Sono procedure di strippaggio chimico dei metalli usati per rendere brillante e/o rimuovere gli ossidi dalle superfici metalliche sgrassate prima di altri trattamenti superficiali. Durante il decapaggio strati inutili o aderenti, come scaglie, film di ossidi e altri prodotti di corrosione del metallo vengono rimossi attraverso una reazione chimica con un agente acido. Per rimuovere gli strati di ossido, si devono utilizzare specifiche concentrazioni acide, temperature e tempo di decapaggio. Sono generalmente usati l'acido cloridrico o solforico. In casi particolari possono venire impiegati l'acido nitrico, fluoridrico, fosforico o miscele degli stessi.
La concentrazione degli ioni di metallo dissolto aumenta nella soluzione di decapaggio mentre la forza dell'acido libero diminuisce. Il consumo di acido associato alla dissoluzione del metallo e dell'ossido di metallo viene integrato aggiungendo nuovo acido alla soluzione. Nel decapaggio il contenuto massimo di ferro raccomandato per l'acido solforico è di 8%, per quello cloridrico 12% e per quello fosforico 2,5%. Quando si raggiunge tale limite di concentrazione, la soluzione di decapaggio deve essere smaltita completamente o in parte.

I pezzi da decapare non devono avere tracce di grasso, altrimenti il decapaggio risulta non uniforme. L'uso di tensioattivi accelera il decapaggio poiché i pezzi si bagnano meglio e più velocemente.
Viene raccomandato l'uso dell'acido solforico. Il tempo di decapaggio si riduce con l'aumentare della concentrazione e della temperatura, il picco di attività viene raggiunto con una concentrazione dell'acido pari al 25%, al di sopra la velocità di reazione diminuisce. La temperatura ottimale è di 60°C.
L'attività di decapaggio può essere accelerata muovendo i pezzi nella soluzione o insufflando aria nella soluzione, in questo caso andrebbe installato un sistema di aspirazione dell'aria.
Può essere impiegato anche l'acido cloridrico, che lavora bene a una concentrazione di 18-22%, ma produce vapori corrosivi. L'aumento della temperatura a 30-35°C non solo aumenta il potere di decapaggio ma anche la formazione di emissioni in aria di acido cloridrico.
L'acido fluoridrico è utilizzato quasi esclusivamente per il decapaggio della ghisa. La concentrazione ideale è di 20-25% (come HF), e la temperatura tra i 35-40°C.

Considerazioni ambientali: le vasche di processo devono essere equipaggiate con un sistema di estrazione dei fumi per rimuovere l'aerosol prodotto e i gas di acido cloridrico e l'ossido di azoto (quando viene usato l'acido nitrico).
Le soluzioni esauste devono venire trattate e smaltite con un sistema di trattamento degli effluenti o smaltite come rifiuti liquidi.

<u>14 - attivazione e sgrassatura (decapaggio assistito elettroliticamente)</u>
Il decapaggio può essere potenziato attraverso l'anodizzazione del substrato. Il decapaggio elettrolitico e/o non elettrolitico dei metalli viene spesso seguito dall'attivazione elettrolitica per rimuovere i resti dei residui indesiderati dalla superficie, come olio e sporco, rimasti intrappolati nelle micro-asperità della superficie. Queste tracce vengono rimosse attraverso la formazione, mediante elettrolisi, di H_2 sulla superficie del catodo e di O_2 su quella dell'anodo. La composizione basica della soluzione è simile agli sgrassatori alcalini, sebbene la concentrazione chimica sia generalmente doppia. I tensioattivi non vengono utilizzati per evitare la formazione di schiuma. Normalmente, sono sufficienti elettroliti senza cianuri e agenti chelanti. La durata della vita della soluzione è determinata principalmente dalla diluzione a causa del drag-in di acqua di lavaggio e del drag-out di soluzione di processo.

Considerazioni ambientali: le vasche devono, talora, essere munite di sistemi di estrazione dei fumi per aspirare l'aerosol che si forma. I bagni di lavaggio vengono rapidamente saturati da sporco, grasso e olii.
Gli effluenti del lavaggio e le soluzioni usate devono essere trattate nei sistemi di trattamento delle acque come le soluzioni alcaline o quelle contenenti cianuro. L'acqua di scarico può disturbare l'impianto di trattamento delle acque a causa del quantitativo di olio e grasso, la composizione e la concentrazione dei composti.

<u>15 - strippaggio dei metalli</u>
E' utilizzato per recuperare il materiale dei pezzi che hanno subito un trattamento superficiale difettoso, senza deteriorare le caratteristiche del materiale dei pezzi originali.
Lo strippaggio dei telai permette di prolungare la vita degli stessi e di recuperare il metallo depositato.
Per conservare lo stato della superficie da strippare, il processo di strippaggio deve rimuovere il rivestimento velocemente senza intaccare il materiale di base. In casi eccezionali, può essere necessario l'attivazione elettrolitica del rivestimento (strippaggio chimico del cromo). Le procedure chimiche sono di più semplice applicazione e richiedono minori investimenti in impiantistica,

mentre quelle elettrolitiche generalmente sono più veloci, più economiche e permettono un migliore controllo.

Considerazioni ambientali: l'uso di acidi forti può generare perdite capaci di intaccare pavimentazioni in cemento e quindi di inquinare il suolo e le falde sottostanti con l'acido e i metalli disciolti. Bisogna prestare attenzione al fatto che lo smaltimento degli acidi forti usati può causare problemi ai sistemi di trattamento delle acque.
I fumi acidi causati dalla reazione coi metalli sono tossici per le persone ed inoltre possono causare problemi agli impianti. Lo strippaggio viene spesso effettuato al di fuori del normale processo industriale di trattamento dei pezzi. Nel caso dello strippaggio bisogna considerare l'inevitabile aumento della produzione di rifiuti (acidi, fanghi) così come l'incremento dei consumi energetici, di acqua e di materie prime dedicate.

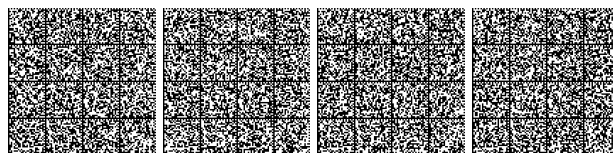
16 - lavaggio e drag-out
Il lavaggio è necessario:
- prima della maggior parte delle fasi di processo per prevenire la contaminazione delle soluzioni di processo;
- per evitare il deterioramento superficiale del pezzo e/o substrato dovuto ad un eventuale prolungato contatto di residui chimici reagenti con la superficie o la vaiolatura dovuta all'essiccamento delle sostanze chimiche dei bagni.

Il lavaggio è fatto dopo quasi tutte le fasi di processo. La qualità dell'acqua di lavaggio può variare in funzione dei requisiti di processo. Varie tecniche sono state sviluppate per ridurre la quantità di acqua utilizzata, generalmente bisogna arrivare ad un compromesso tra il grado di pulizia superficiale richiesto, la qualità e la quantità di acqua usata e la tecnica di lavaggio impiegata.
Il drag-out è il trasporto del materiale liquido che rimane aderente al pezzo dalla vasca di trattamento. La riduzione del drag-out è una misura fondamentale per minimizzare la perdita di sostanze chimiche, i costi operativi e i problemi ambientali legati allo smaltimento delle acque di lavaggio.

Considerazioni ambientali: le acque usate per il lavaggio contengono tutte le sostanze chimiche impiegate nei processi e per questo devono essere trattate prima dello scarico.
Le considerazioni ambientali fondamentali riguardano:
- la riduzione delle perdite di materiale e se possibile il riutilizzo delle acque di lavaggio;
- i metalli che, essendo conservativi, possono solo cambiare tipo di forma di rifiuto ma non possono essere distrutti;
- i cianuri che sono generalmente trattati per ossidazione;
- le sostanze chimiche complesse che devono essere trattate separatamente per permettere un successivo efficiente trattamento dei metalli;
- i tensioattivi, i brillantanti e altri additivi che possono pregiudicare il trattamento delle acque di scarico e comunque hanno un impatto ambientale;
- altri cationi che possono avere effetti sulla qualità dell'acqua.

Il lavaggio rappresenta una delle maggiori forme di utilizzo di acqua.

4.1.1.2. Trattamento

1 - Ramatura
La ramatura è comunemente adottata negli oggetti di uso quotidiano, come monete, cerniere, bottoni, ecc. Questi pezzi possono essere trattati su telai o in rotobarili. La ramatura è largamente usata nella realizzazione di circuiti stampati.

Cianuro di rame

Il cianuro di rame a bassa temperatura è usato come elettrolita per il deposito di fondo su pezzi in acciaio e zinco per evitare la cementazione spontanea del rame e la successiva scarsa adesione del deposito di metallo. La soluzione base utilizzata è composta da cianuro di rame e cianuro di sodio con una concentrazione di rame pari a 15-20 g/l, lo spessore del deposito di fondo in genere non supera i 2-3 µm. Spessori maggiori sono raggiunti con elettroliti ad alte prestazioni contenenti cianuro di potassio e idrossido di potassio con una concentrazione di metallo pari a 25-50 g/l (usualmente usata in rotobarile).
Altri elettroliti ad alta prestazione contengono cianuro di rame, cianuro di sodio e tartrato di potassio e sodio; usando maggiori densità di corrente si ottiene una lucentezza del deposito e una riduzione della passivazione dell'anodo. Il contenuto di metallo è di 40-60 g/l.
Il carbonato di potassio si forma nei sistemi con potassio; questo riduce la brillantezza del deposito di rame e, a concentrazioni superiori a 90 g/l, genera rugosità.

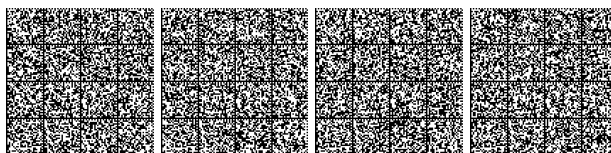
Considerazioni ambientali: le vasche di trattamento devono essere dotate di cappa di aspirazione per la rimozione dell'aerosol.
Le soluzioni basate sul sodio possono essere rigenerate mediante precipitazione di sodio carbonato.
Gli elettroliti a base di potassio devono essere scartati non appena il contenuto di carbonato di potassio supera i 90 g/l.
Le acque di scarico possono essere trattate in normali impianti di trattamento con l'aggiunta di uno stadio di ossidazione cianidrica.

Rame acido

Queste soluzioni sono comunemente usate per la ramatura. Grazie alla loro eccellente capacità di ridurre la rugosità, gli elettroliti a base di solfato di rame e acido solforico sono usati prima di passare al rivestimento decorativo di nichel brillante e rame delle strutture dei mobili, utensili del bagno, fili, ecc. In genere il contenuto di rame è di 50-60 g/l e quello di acido solforico di 60-90 g/l.
Queste soluzioni non hanno cianuro, non soffrono della produzione di carbonato e sono elettroliticamente più efficienti.

Considerazioni ambientali: le vasche di trattamento devono essere dotate di cappa di aspirazione per la rimozione dell'aerosol. Le acque di scarico possono venire trattate per il pH e per rimuovere il rame in normali impianti di trattamento.

Pirofosfato di rame

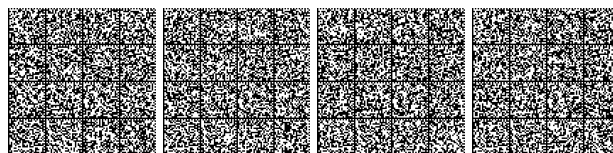
Gli elettroliti di pirofosfato di rame non trovano una grande applicazione. Sono a base di pirofosfato di rame (110 g/l) e pirofosfato di potassio (400 g/l). Gli additivi usati sono acido citrico (10 g/l) e ammoniaca (3 g/l).
Vengono usati per applicazioni tecniche particolari, quali la schermatura di parti trattate a caldo, la trafilatura di fili, ecc.
Il pirofosfato continua a decomporsi a causa dell'idrolisi; se il pH non viene mantenuto stabile, si riduce la durata della vita della soluzione di processo. Mezzi di rigenerazione appropriati non sono attualmente disponibili. Comunque, bagni mantenuti in modo adeguato possono durare più di 10 anni.

Considerazioni ambientali: le vasche di trattamento sono normalmente dotate di cappa di aspirazione.
Le acque di scarico devono essere trattate con calce viva, o idrossido di sodio o potassio perché il rame non precipiti dal pirofosfato.
A causa del contenuto di ammoniaca, è necessario un trattamento separato da effluenti contenenti metalli.

Ottone
L'ottone è costituito principalmente da una lega di rame e zinco, sebbene possa anche contenere nichel, stagno o piombo. Una soluzione di cianuro di rame e zinco viene utilizzata per depositare leghe di rame e zinco a scopo decorativo. Sono elettroliti alcalini che generalmente contenengono rame tra gli 8-15 g/l e zinco tra i 5-30 g/l. Il contenuto totale di cianuro di sodio può variare tra 70-90 g/l e lavora ad un pH attorno a 10. La lega depositata contiene tra i 65 e 80% di rame e il colore è giallo chiaro.

Bronzo
Il bronzo è una lega di rame con stagno e zinco. Cianuro di bronzo viene usato nei processi di rivestimento decorativo. È impiegato come sostituto del nichel nei gioielli "senza nichel" per evitare gli effetti allergici della pelle. È in fase di sviluppo una tecnica con soluzioni di bronzo acido.
La concentrazione del metallo in questo elettrolita a base di stannato e cianuro è di 4-10 g/l di stannato, 4-20 g/l di rame, 1-4 g/l di zinco e 6-10 g/l di cianuro di potassio. Viene usato in due diversi colori: bianco o giallo.
In alcuni elettroliti viene impiegata una piccola concentrazione di piombo come brillantante; ma le nuove direttive europee (98,EC,2003, 99,EC,2000) ne limitano l'uso.
Il cianuro si ossida in carbonato con il passaggio di corrente. Le soluzioni devono essere scartate appena il carbonato raggiunge la concentrazione di 40 g/l.

Considerazioni ambientali: le vasche di trattamento devono essere dotate di cappa di aspirazione per la rimozione dell'aerosol. Le acque di scarico possono essere trattate per il pH, i cianuri e i metalli, in normali impianti di trattamento con l'aggiunta di uno stadio di ossidazione cianidrica.

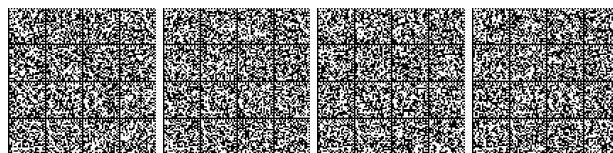
2 - Nichelatura
I processi di nichelatura con e senza (autocatalitici) processi elettrolitici, sono usati per un'ampia gamma di prodotti industriali e di consumo. Sebbene la funzione principale di questi processi sia quella di migliorare la resistenza del substrato alla corrosione, usura e abrasione, il nichel fornisce anche un rivestimento liscio, altamente riflettente e resistente alla corrosione come substrato per una vasta gamma di altri rivestimenti per la finitura decorativa.
I processi di nichelatura possono essere divisi nelle sette categorie di seguito riportate:

1. elettrodeposizione di nichel/cromo: è quella maggiormente utilizzata. Consiste in uno strato superficiale molto sottile di cromo (1%) sopra uno strato base di nichel (99%). Il nichel fornisce una finitura liscia, brillante e resistente alla corrosione
2. elettrodeposizione di nichel con copertura di altro genere: vengono usati come copertura superficiale ottone, oro e argento.
3. Elettrodeposizione di nichel: può essere usato il solo nichel senza altri rivestimenti superficiali. In genere questo è usato solo per scopi ingegneristici, quali la rimessa a nuovo di componenti usurati.
4. Elettrodeposizione di nichel composito: in matrici a base di nichel possono essere integrate, per mezzo della co-deposizione, particelle inerti non–metalliche, come carburo di silicio, diamante

o PTFE per migliorare le proprietà tecniche quali la durezza, la resistenza all'abrasione e il coefficiente di attrito.

5. Elettrodeposizione di leghe di nichel: le leghe di importanza commerciale includono zinco-nichel, nichel-cobalto e nichel-ferro.
6. Elettroformatura di nichel: è un processo unico che permette agli articoli di essere prodotti con una elettrodeposizione di strati relativamente spessi di nichel; è una parte fondamentale dei processi di produzione di CD, DVD, ologrammi e cilindri per la serigrafia.
7. Nichelatura senza processo elettrolitico: è un processo chimico che fornisce un rivestimento duro e uniforme. Può essere depositato su materiali, come le plastiche e alcune leghe, che non permettono l'elettrodeposizione.

Considerazioni ambientali generali: il nichel e i suoi sali possono avere effetti nocivi per la salute. L'aerosol e le particelle in aria possono derivare da elettrodeposizione e da operazioni di manutenzione. Le regole per la salute e la sicurezza richiedono misure per non raggiungere la concentrazione massima consentita (MAC). Il nichel e i suoi sali possono causare dermatiti allergiche da contatto, che possono essere evitate attenendosi alle buone norme per la salute e la sicurezza.
Le soluzioni di nichel richiedono in genere agitazione, se questa viene effettuata mediante insufflazione ad aria, potrebbe essere necessaria l'aspirazione degli aerosol. L'efficacia della distribuzione può essere aumentata utilizzando tensioattivi.
Gli effluenti possono essere trattati con altre acque di scarico negli impianti di trattamento delle acque. Bisogna però separare le acque di scarico contenenti nichel da quelle contenenti cianuro, in quanto il nichel forma composti stabili con il cianuro che sono difficili da trattare. Si deve anche evitare il contatto con altri agenti complessi.
I residui solidi devono essere trattati come prodotti pericolosi.

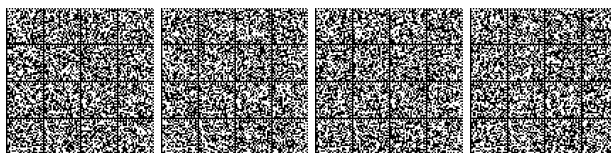
<u>*Soluzione di Watt*</u>

sono quelle maggiormente utilizzate nell'industria della nichelatura. Vengono usati: solfato di nichel (240-375 g/l), cloruro di nichel (35 – 60 g/l) e acido borico (30 – 45 g/l), la temperatura operativa può variare tra i 25–70°C (comunemente a 50-60°C) con un pH tra 3.5 e 4.5. Composizioni con un contenuto di cloruro di nichel più elevato potrebbero essere usate per raggiungere un tasso di deposizione maggiore.
Le soluzioni di Watt possono essere utilizzate senza additivi per ottenere superfici opache. Sebbene vengano additivati quasi sempre con tensioattivi per ridurre la ritenzione delle bolle di gas sulla superficie del nichel per evitare vaiolature. Alle soluzioni di Watt vengono solitamente aggiunti dei composti organici. Questi modificano la struttura metallurgica del nichel per produrre o un deposito lucido e completamente brillante o un deposito semi brillante o satinato. Oltre a modificare l'aspetto estetico del nichel, questi additivi causano inevitabilmente dei cambiamenti nella duttilità, durezza e stress interno del deposito. Il quantitativo addizionato dipende dalle funzioni richieste dal deposito di nichel e varia da piccoli quantitativi di semi-brillantanti organici (<1 ml/l) e di tensioattivi per una finitura semi brillante, a brillantanti primari e secondari (10-20 ml/l) e tensioattivi (<10 ml/l) per una finitura brillante.
Se regolarmente analizzate, usate e mantenute con cura, le soluzioni di Watt possono avere una vita molto lunga. Il nichel depositato al catodo è un po' più abbondante di quello rifornito dalla dissoluzione dell'anodo, perché l'efficienza del catodo è normalmente di 96-98% rispetto a quella dell'anodo di 100%. Questa piccola differenza nelle efficienze viene normalmente compensata dal drag-out della soluzione. Nei sistemi in cui il drag-out è basso la concentrazione della soluzione potrebbe aumentare, questo potrebbe quindi richiedere un trattamento per mantenere la concentrazione entro i limiti operativi.

La durata della soluzione di nichel dipende principalmente dall'introduzione di contaminazioni che possono essere di natura inorganica o organica. I contaminanti inorganici possono essere introdotti da impurità dell'acqua, dal drag-in di soluzioni derivanti da processi precedenti, o da metalli accidentalmente caduti nella soluzione. Alcuni contaminanti inorganici (Fe) possono essere rimossi ricorrendo a misure, quali la brusca variazione di pH, altri (Cu e Zn) attraverso elettrolisi a bassa densità di corrente.
Buona parte dei contaminanti organici possono essere rimossi con semplice filtrazione su carbone attivo o usando polimeri adsorbenti. Altri possono richiedere trattamenti addizionali o con perossido di idrogeno o con permanganato di potassio per rompere i complessi rendendoli più facilmente rimovibili (es: con trattamento a carbone attivo).

Considerazioni ambientali: i tensioattivi non interferiscono di solito con il trattamento delle acque.
Con appropriate misure di manutenzione e di lavaggio, si può cercare di chiudere il ciclo riducendo l'esigenza di trattamento degli effluenti e aumentando inoltre la conservazione delle materie prime e dell'acqua, fatti salvi i casi in cui questo provochi l'incremento eccessivo delle concentrazioni oltre il livello consentito dalle esigenze qualitative della produzione.

Soluzioni a base di solfammato di nichel
Queste soluzioni sono ampiamente utilizzate soprattutto per l'elettroformatura, poiché i loro depositi hanno tensioni interne basse. In questi casi si possono utilizzare soluzioni senza cloruri (ma solo se viene utilizzato un anodo di lega di nichel e materiale zolfo attivo) per ridurre al minimo lo stress del deposito.
In genere dove è possibile si preferiscono le soluzioni di Watt per il loro costo minore rispetto alle soluzioni a base di solfammato.
Le soluzioni a base di solfammato di nichel hanno concentrazioni del sale tetraidrato tra i 350 g/l e i 600 g/l per permettere una corrente maggiore. Contengono sempre acido borico (35-45 g/l) e frequentemente cloruro di nichel (1-15 g/l). Queste soluzioni operano in condizioni di temperatura e pH simili a quelle delle soluzioni di Watt; soluzioni ad alte concentrazioni di solfammato, che lavorano in genere a 70°C, permettono un tasso di deposizione maggiore del metallo usando una densità di corrente superiore a 35 A/dm2.
Le soluzione a base di solfammato sono spesso usate senza additivi, a parte i tensioattivi che riducono la vaiolatura. Comunque, possono venire aggiunti alla soluzione composti organici selezionati, quali la saccarina e l'acido tri-solfonico di naftalene per aumentare la durezza del deposito o per controllare lo stress interno del deposito stesso.
Analogalmente alle soluzioni di Watt, anche queste possono avere una vita molto lunga, se analizzate regolarmente e mantenute con attenzione. C'è, comunque, una complicazione legata alla stabilità chimica e elettrochimica dell'anione solfammato. A valori più alti di temperatura e più bassi di pH avviene l'idrolisi e si formano ioni solfato e ioni ammonio in soluzione. Lo ione ammonio aumenta lo stress del deposito e la durezza a livelli non accettabili e non può essere rimosso dalla soluzione. In più, se gli anodi nel processo di soluzione diventano passivi, lo ione solfammato subisce una ossidazione elettrochimica e produce una miscela non ben identificata di sottoprodotti che influiscono in maniera radicale e dannosa sulle proprietà del deposito.
Per quanto attiene le contaminazioni di composti organici e inorganici si rimanda a quanto detto precedentemente per le soluzioni di Watt.

Considerazioni ambientali: le indicazioni per la perdita di soluzione a causa del drag-out e per i trattamenti sono le stesse descritte per le soluzioni di Watt.

Soluzioni a base di cloruro di nichel

Vengono usate limitatamente a causa del grande stress interno del deposito prodotto. Eccezione fatta per le soluzioni di nichel di Woods, che normalmente consistono di 240 g/l di cloruro di nichel esaidrato, 125 ml/l di acido cloridrico; le soluzioni lavorano a 20-30°C. Vengono usate al solo scopo di fornire un primo strato di nichel aderente alle superfici dei materiali, come acciaio inossidabile o leghe di nichel-cromo, dove è difficile avere una buona adesione a causa della naturale formazione di un film passivo di ossido.

Soluzioni a base di solfato di nichel

Soluzioni a base di solfato di nichel e non contenenti cloruro di nichel vengono usate raramente visto il loro basso grado di dissoluzione dell'anodo di nichel. Composizioni simili a quelle delle soluzioni di Watt, ma senza cloruri, possono essere usate quando è necessario usare anodi inerti per depositi all'interno di recessi inaccessibili.

Soluzioni di leghe di nichel

Leghe di nichel-cobalto sono usate nell'elettroformatura, vista la maggiore durezza rispetto al nichel puro, e leghe di nichel-ferro trovano applicazione nell'industria elettronica, generalmente in relazione alle loro proprietà magnetiche. Soluzioni usate per depositare entrambe le leghe sono normalmente a base di composizioni di tipo standard di Watt o di solfammato di nichel, con le stesse indicazioni per l'utilizzo e la manutenzione.

I processi, dove si usano leghe di nichel-ferro, richiedono comunque speciali additivi per mantenere gli ioni ferrosi in soluzione e per prevenire l'ossidazione spontanea allo stato ferrico.

Recentemente stanno assumendo grande rilevanza leghe a base di nichel-zinco (producono leghe contenenti 10-14 % di nichel) data la maggior protezione alla corrosione rispetto al semplice zinco (10 volte circa).

Considerazione sul substrato:

- il nichel viene regolarmente depositato su una vasta gamma di substrati metallici quali acciaio, rame, ottone, leghe di zinco, alluminio, magnesio così come su quelli a base di plastica. Può venire applicato direttamente, con buona adesione, sopra alcuni di questi substrati (acciaio, rame e ottone senza piombo) se il processo è preceduto da una corretta fase di pulizia e preparazione del substrato. Le leghe di zinco sono soggette all'attacco corrosivo nelle soluzioni acide con nichel e richiedono per tanto uno strato di rame deposto prima della deposizione del nichel.

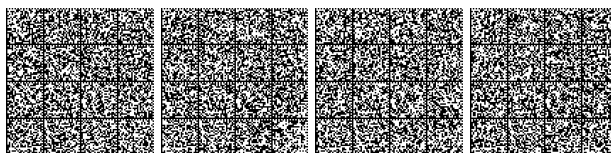
3 - Cromatura

La cromatura ha ampio utilizzo sia come finitura decorativa sia come rivestimento funzionale (cromatura a spessore) per la sua elevata durezza e per la sua resistenza all'usura.

Per uso decorativo (cromo brillante) è usualmente applicato uno strato sottile per prevenire la corrosione delle superfici lisce e brillanti del substrato di nichel. Lo spessore del rivestimento è generalmente tra i 0.1 e 0.4 µm, con un tempo di trattamento tra i 2 e i 13 minuti. La finitura assume un tipico colore argento chiaro ed è molto resistente all' opacizzazione.

La cromatura decorativa può essere effettuata sia usando elettroliti a base di cromo trivalente che esavalente.

Il cromo a spessore consiste in un deposito pesante applicato su particolari componenti (alberi motore, cilindri idraulici, carrelli di atterraggio degli aircraft, perni, valvole, ecc.) per aumentare la resistenza sia meccanica che all'usura. In questo caso si possono usare solo elettroliti a base di cromo esavalente.

Cromo esavalente

Sono elettroliti a base di acido cromico (80-400 g/l) e solfato (0.8-5.0 g/l) o fluoruro (<2% della concentrazione dell'acido cromico) come catalizzatori. Dove è richiesta un'alta protezione alla corrosione la cromatura può essere applicata con uno spessore tra 0.7 e 0.8 μm e un tempo di trattamento di 7-8 minuti.
Le proprietà del rivestimento decorativo di cromo dipendono dalle caratteristiche del substrato di nichel, dal rapporto CrO_3/catalizzatore e dalla temperatura (20-45°C).

Considerazioni ambientali: Il cromo esavalente può causare irritazione alla pelle e alle membrane mucose e certi tipi di cancro. Le norme per la salute e la sicurezza richiedono di non raggiungere la concentrazione massima consentita (MAC). Il cromo esavalente è solubile in un ampio range di pH. A causa della sua solubilità e delle sue proprietà chimiche, deve essere ridotto a cromo trivalente prima della precipitazione negli impianti di trattamento delle acque. Recenti direttive (99,EC,2000 EC, 2003, #98) ne limitano l'uso.
A partire da soluzioni a base di cromo esavalente si genera idrogeno al catodo con produzione di aerosol, che viene generalmente rimosso con cappe di aspirazione di cui sono dotate le vasche di trattamento. Possono anche essere usate delle sostanze ("soppressori" di fumi) per controllare la produzione di schiuma e per ridurre l'aerosol; queste sono a base di PFOS che è tossico e persistente. Le acque degli abbattitori (scrubber) una volta sature debbono anch'esse essere convogliate con le acque di scarico per essere trattate negli impianti di depurazione, con riduzione del CrVI a Cr III seguita da flocculazione e precipitazione.

Cromo trivalente
Gli elettroliti essendo a minore concentrazione hanno una minore viscosità e questo porta ad aver un migliore drenaggio dei pezzi trattati e di conseguenza un minor drag-out, una minore perdita di elettrolita, meno trattamenti degli effluenti e minore quantità di rifiuti contenenti cromo.
Allo stato attuale il cromo trivalente può essere solo usato per scopo decorativo e non può sostituire il cromo esavalente per la cromatura a spessore.
L'uso del cromo trivalente elimina gli effetti cancerogeni associati all'uso del CrVI.
Le acque di scarico richiedono meno trattamenti chimici, il cromo è infatti già in forma trivalente e viene precipitato ad un pH adatto

- Soluzioni a base di cloruro: gli elettroliti a base di cloruro di cromo trivalente contengono 20 g/l di cromo rispetto ai 200 – 450 g/l nei processi con cromo esavalente. Teoricamente il processo potrebbe produrre AOX e cloro libero all'anodo, potrebbero quindi essere necessari additivi per prevenirne la formazione e cappe di aspirazione per le esalazioni.

- Soluzioni a base di solfato: gli elettroliti a base di solfato contengono solo 6-8 g/l di cromo trivalente rispetto ai 200 – 450 g/l nei processi con cromo esavalente. Non è richiesto l'uso di cappe di aspirazione e scrubber.

Cromo nero
La finitura a cromo nero può essere ottenuta per pezzi neri e su substrati simili a quelli per la cromatura brillante. Può anche essere applicata a substrati di nichel. Generalmente sono trattati in emulsione. Gli elettroliti sono a base di acido cromico esavalente (350-520 g/l) e catalizzatori (nitrati, fluoruri)
Gli strati sono <1μm e porosi.

Considerazioni ambientali: vedi quelle relative al cromo esavalente. Potrebbero essere necessari dei trattamenti per i nitrati e/o fluoruri per le acque di scarico.

Cromatura a spessore

Gli elettroliti sono a base di acido cromico (180-350 g/l) e uno dei seguenti catalizzatori:

- solfato (1.8 – 6.0 g/l);
- solfato e fuoruro (<2% del contenuto di acido cromico);
- sostanze senza fluoruri già preparate di cui si possiede la licenza (<2% del contenuto di acido cromico).

La scelta del catalizzatore è fondamentale per l'efficienza dell'elettrolita (da 25-33% per il solfato a 25-27% per già preparate). Il tipo di catalizzatore e la temperatura influenzano le proprietà fisiche (fratture, micro-fratture, ecc.) e quelle chimiche e meccaniche (per es. la resistenza alla corrosione e all'usura, la lavorabilità meccanica, ecc.)

Considerazioni ambientali: vedi quelle relative al cromo esavalente. Dato il lungo tempo di trattamento e l'alta temperatura di processo (50-60°C) l'evaporazione è sufficiente per usare l'acqua del lavaggi successivi, riducendone così il consumo.

4 - Zincatura

E' il trattamento elettrolitico superficiale maggiormente impiegato, fornisce resistenza alla corrosione e rivestimento a basso prezzo per un'ampia gamma di articoli per l'industria automobilistica, delle costruzioni ecc.

I rivestimenti in zinco richiedono un post-trattamento: assieme a uno strato superficiale di altro materiale, gli strati di zinco normalmente di soli 6-18 μm di spessore sono sufficienti per proteggere le parti per tutta la durata della vita.

Considerazioni ambientali generali: i depositi di zinco contengono cadmio. Per i trattamenti elettrogalvanici vengono usati anodi che contengono circa 1 g di cadmio per tonnellata di zinco (0.0001%). Tracce di cadmio possono perciò apparire nei reflui, ma queste vengono largamente rimosse dall'impianto di trattamento delle acque e si troveranno nel fango prodotto. Le quantità in altri effluenti trattati o nei rifiuti non è generalmente significativo. I trattamenti utilizzati per rimuovere lo zinco sono sufficienti per rimuovere l'eventuale cadmio presente. Se necessario, possono venire aggiunti altri step quali la filtrazione.

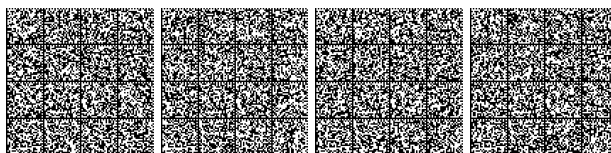
Cianuro di zinco (alcalino)

Viene usato per ottenere strati resistenti alla corrosione. Gli elettroliti sono a base di ossido di zinco (10-30g zinco/l), idrossido di sodio (80-120 g/l) e cianuro di sodio (5-100 g/l); lavorano a pH vicino a 14, usando sia anodi solubili che insolubili.

Gli elettroliti a base di cianuro possiedono un buon potere di penetrazione nei fori e negli spazi ciechi.

La soluzione ha bassa conduttività, sono così necessari un maggior voltaggio (6-8 V per impianti a telaio, 10-15 V per quelli a rotobarile) e una maggiore energia. Dalla decomposizione del cianuro si forma carbonato, che può essere trattato con la "cristallizzazione" per ottenere la rimozione delle impurità metalliche dall'elettrolita.

In un processo ben avviato e ad una densità media di corrente di 2 A/m2 si raggiunge una efficienza di corrente del 50-75%, che diminuisce con l'aumentare della densità di corrente.

Le vasche di trattamento devono essere dotate di cappa di aspirazione per la rimozione dell'aerosol.

Considerazioni ambientali: per motivi ambientali e di sicurezza si tende a ridurre l'uso del cianuro.
Il cianuro nell'acqua di lavaggio può essere velocemente ossidato con diversi metodi, mentre lo zinco può essere rimosso nell'impianto di trattamento delle acque.

Zinco alcalino, senza cianuro
Viene principalmente usato per rivestimenti tecnicamente resistenti alla corrosione (non ad uso decorativo). Le soluzioni di processo contengono ossido di zinco (5-15 g zinco/l) e idrossido di sodio o di potassio (100-150 g/l).
Rispetto alle soluzioni a base di cianuro, questo processo può richiedere un lavaggio più accurato e fornire una migliore distribuzione del metallo sulla superficie.
La soluzione ha bassa conduttività così sono necessari un maggior voltaggio (6-8 V per impianti a telaio, 10-15 V per quelli a rotobarile) e una maggiore energia. In un processo ben controllato e ad una densità media di corrente di 2A/m2.si può raggiungere una efficienza di corrente del 70-85%

Considerazioni ambientali: lo zinco presente nelle acque di lavaggio può essere rimosso prontamente negli impianti di trattamento acque.
L'aerosol può essere ridotto utilizzando tensioattivi (a base di PFOS, che è tossico e persistente) che creano uno strato superficiale di schiuma.
Le vasche di trattamento e quelle di dissoluzione dello zinco devono essere dotate di cappa di aspirazione.
Questo processo necessita di una maggiore richiesta di energia rispetto ad altri tipologie di zincatura. Gli elettroliti a base di potassio hanno una migliore efficienza di corrente rispetto a quelli di sodio.

Zinco acido
Questi elettroliti producono un rivestimento decorativo brillante. Assieme ai post-trattamenti, forniscono una resistenza alla corrosione comparabile a quella ottenuta con elettroliti di tipo alcalino. La distribuzione del metallo è discreta, ma migliora scaldando gli elettroliti.
Gli elettroliti contengono cloruro di zinco (30-55 g di zinco/l), cloruro di potassio e/o sodio (130-180 g/l), acido borico (10-40 g/l) e tensioattivi. Vengono usati solo anodi solubili. Le soluzioni hanno buona conduttività e alta efficienza al catodo, tipicamente tra 93-96%. Il processo richiede minore energia rispetto a quelli alcalini.
Le vasche di trattamento devono essere dotate di cappa di aspirazione.

Considerazioni ambientali: Se l'aria aspirata passa attraverso un abbattitore di nebbie, gli effluenti necessitano di un trattamento per l'aggiustamento del pH e la rimozione dello zinco.
Gli effluenti possono venire trattati in impianti di trattamento delle acque.
Questi elettroliti generano più solidi (anche 4 volte superiori) di quelli alcalini (a base di cianuro).

Leghe di zinco
Forniscono una prolungata resistenza alla corrosione; vengono principalmente impiegati per le applicazioni automobilistiche.
Le principali leghe usate sono:

- zinco-ferro (<1% di Fe) da elettroliti alcalini senza cianuri;
- zinco-cobalto (<3% di Co) da elettroliti sia acidi che alcalini senza cianuri;

- zinco-nichel (<15% di Ni) da elettroliti sia acidi (a base di cloruro di ammonio) che alcalini senza cianuri. Si sta diffondendo l'utilizzo delle leghe con 10-14% di nichel per il loro maggiore grado di protezione alla corrosione (quasi 10 volte maggiore rispetto a quello raggiunto usando zinco puro). Possono venire deposte a partire da soluzioni acide a base di cloruro o da soluzioni alcaline dove la concentrazione di nichel in soluzione (solo 1-2 g/l) è stabilizzata dall'aggiunta di piccoli quantitativi di ammine. Le soluzioni alcaline vengono preferite per la maggiore consistenza della composizione della lega sulle geometrie complesse del pezzo.

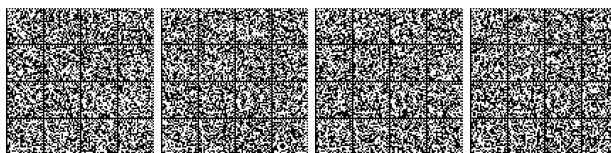
Considerazioni ambientali: le vasche di trattamento devono essere dotate di cappa di aspirazione per la rimozione di aerosol o fumi di cloruro di ammonio.
L'aria aspirata dovrebbe passare attraverso un abbattitore di nebbie.
Gli effluenti alcalini senza cianuri vengono trattati in normali impianti di trattamento delle acque, mentre quelli derivanti dagli elettroliti a base di cloruro di ammonio sono trattati separatamente.
Il recupero del drag-out può avvicinarsi al 100% (ciclo che tende a chiudersi) e questo facilita i trattamenti degli effluenti.
Per il trattamento zinco-nichel, il fattore di diluizione nelle acque di lavaggio generalmente supera l'effetto di formazione di complessi delle ammine, così non è richiesto il trattamento per rimuovere il nichel dagli effluenti. Nel caso di smaltimento di soluzioni di processo non diluite, è necessaria la clorurazione, prima di far precipitare il nichel dagli effluenti, per rompere i complessi di ammino-nichel.

5 - Cadmiatura

Il cadmio viene usato principalmente per proteggere parti di acciaio, e leghe di alluminio o titanio. Possiede particolari caratteristiche: un basso rischio di fragilità da idrogeno, un basso coefficiente di frizione e una coppia costante per i dispositivi di fissaggio. Rispetto allo zinco ha migliore capacità di applicazione di spessore uniforme, penetrazione e resistenza alla corrosione. A causa della sua tossicità viene usato solo in casi strettamente necessari dove è difficile rimpiazzarlo (nelle attrezzature aerospaziali, militari, per l'aviazione, industria estrattiva e nucleare).
La cadmiatura può avvenire in bagni con cianuro, sia acidi che alcalini. Il pretrattamento è lo stesso che si effettua per la zincatura. Spesso viene seguita dalla passivazione in acido cromico. Gli elettroliti possono esser a base di cianuri, floroborati, solfati o cloruri.

Considerazioni ambientali: il cadmio è cancerogeno, tossico, mutageno per l'uomo e molto tossico per gli organismi e ambienti acquatici.
Per questo i livelli di concentrazione concessi dopo il trattamento sono di un ordine inferiore rispetto agli altri metalli. Gli effluenti devono essere soggetti a trattamenti chimico-fisici. La precipitazione del cadmio può essere favorita aggiungendo Fe^{2+} durante la fase di coagulazione, quando avviene una co-precipitazione del cadmio e del ferro. Però con questo trattamento non si raggiunge il valore richiesto dalle prescrizioni per lo scarico. Sono quindi necessari altri trattamenti separati, quali elettrolisi, scambiatore mobile di ioni, evaporazione.

6 - Stagnatura

La stagnatura è usata in molte applicazioni per le sue proprietà uniche. I rivestimenti in stagno sono atossici, duttili, resistenti alla corrosione, facili da rivestire e hanno un alto potere penetrante e capacità di effettuare riporti di uniforme spessore. Questo permette di rivestire oggetti con forme complesse con uno spessore uniforme comparabile a quello ottenuto con il metodo a immersione in stagno caldo. Permette anche una successiva più facile saldatura dei pezzi.

Viene utilizzato per il rivestimento di bobine di acciaio, il rivestimento di involucri per confezioni, i circuiti stampati, i componenti elettronici, gli utensili di cucina, ecc.
Sono disponibili diversi elettroliti quali solfato stannoso, fluoroborato di stagno, stannato di sodio o potassio, o i più recenti sistemi stannosi a base di acidi organici, come MSA.
Stagno-piombo è la lega più comunemente usata per i rivestimenti; per saldare può essere utilizzato in differenti rapporti (60/40, 90/10, 95/5) impiegando tradizionalmente acido stannoso, floroborato di piombo con acido floroborico e additivi.
Elettroliti a base di stagno-piombo senza acido floroborico sono a base di MSA; hanno stabilità, bassa formazione di fanghi, più alta velocità di deposizione, migliore proprietà e struttura del rivestimento.
Stagno-nichel ha alto potere penetrante e capacità di effettuare riporti di spessore uniforme, inoltre è duttile, atossico e facilmente saldabile.

Considerazioni ambientali: Le vasche di trattamento devono essere dotate di cappa di aspirazione per la rimozione di aerosol formatosi durante l'elettrolisi.
Gli effluenti possono esser trattati nei normali impianti di trattamento delle acque.
I processi a base di MSA sono totalmente biodegradabili, non contengono chelati, sostanze complesse o fenoli, hanno un basso COD e bastano semplici trattamenti per le acque (neutralizzazione e filtrazione); il carico organico prodotto è generalmente biodegradabile.
Gli effluenti derivanti dai bagni a base di floroborati devono essere pretrattati separatamente rispetto agli impianti di trattamento delle acque.

7 - Rivestimento/deposizione di metalli preziosi
L'argento e l'oro vengono elettroliticamente deposti fin dalla meta del diciannovesimo secolo, più recenti sono i processi per il platino, palladio, rodio e rutenio.
Strati di spessore inferiore a 1μm forniscono proprietà quali la resistenza alla corrosione e all'usura, conduttività, durezza, dei materiali utilizzati.
Trovano ampia applicazione nelle industrie elettriche e elettroniche.

8 - Deposizione autocatalitica
La reazione fondamentale necessita di metalli catalitici (il metallo da deporre) per procedere.
I vantaggi sono:

- il deposito è uniforme su tutta l'intera superficie anche per forme complesse, se viene mantenuto una sufficiente agitazione che permetta alla soluzione non impoverita di essere in contatto con le superfici per tutto il tempo;
- il deposito risulta meno poroso rispetto a quello ottenuto con lo stesso metallo per via elettrolitica;
- il posizionamento e il fissaggio dei pezzi risultano molto semplificate;
- si possono ricoprire materiali non conduttori, quali le plastiche;
- i depositi spesso possiedono proprietà chimico-fisiche particolari, essendo il deposito una lega del metallo e un composto formatosi dall'agente riducente.

Considerazioni ambientali: di solito questa tecnica genera una maggiore quantità di rifiuti. Per migliorare l'efficienza e ridurre i rifiuti, si ricorre alla elettrodialisi che rimuove i sottoprodotti dalla soluzione durante le operazioni.

9 - Rivestimento per immersione non catalitico chimicamente ridotto

I depositi si formano dalla precipitazione del metallo in soluzione nella sua forma ridotta o chimicamente dalla soluzione o quando il substrato metallico è più attivo degli ioni in soluzione in termini di serie elettrochimica.
Sebbene i rivestimenti ottenuti spesso non siano ben aderenti e di scarsa qualità fisica, tuttavia si possono produrre dei depositi adatti a certi scopi (es. la produzione di specchi usando l'argento) prestando attenzione alla composizione della soluzione e delle condizione di lavoro.
I principali inconvenienti sono:

- possono essere depositati solo sottili strati di materiale;
- tutte le superfici, comprese quelle del contenitore, vengono rivestite.

10 - Verniciatura elettroforetica o elettro-rivestimento
Viene applicata per proteggere e rinforzare il rivestimento decorativo, per prevenire la corrosione o per ridurre la frizione.

11 - Laccatura
viene applicata per proteggere e rinforzare il rivestimento decorativo, per prevenire la corrosione o per ridurre la frizione. Può essere applicata per immersione o per elettroverniciatura.

Considerazioni ambientali: effluenti possono essere trattati, senza problemi, nei sistemi di trattamento delle acque.

12/ Fosfatazione
E' forse il rivestimento superficiale più usato, per trattare acciaio, allumino e zinco nei seguenti casi:

- formatura a freddo: questa comporta alti stress superficiali, la fosfazione viene usata in tutti i tipi di operazione di formatura a freddo;
- rivestimento in continuo: nastri di acciaio elettrodeposti con zinco vengono fosfatati in processi in linea per migliorare la forgiabilità per le operazioni seguenti;
- protezione antiruggine: rivestimenti di zinco pesante e fosfato di manganese mantengono un film di olio protettivo e forniscono una prevenzione sostanziale alla corrosione;
- lubrificazione superficiale: fosfato di manganese migliora la ritenzione di lubrificanti e riduce il periodo di rodaggio;
- pittura di base: la fosfatazione rinforza l'adesione e la protezione alla corrosione delle vernici;
- isolamento elettrico: strati di fosfato possono venire usati per ricoprire lamiere/fogli di acciaio silicio che formano il cuore dei motori elettrici, generatori e trasformatori. Uno spessore di 1-6µm fornisce un isolamento sufficiente per prevenire le correnti parassite;
- smaltatura vitrea: il nichel fosfatato può rimpiazzare il rivestimento di nichel chimico come pre-trattamento per la smaltatura vitrea.

Esistono numerosi processi di fosfatazione, ma i principali sono la fosfatazione alcalina (ferro) e la fosfatazione a base di zinco.
La fosfatazione viene generalmente applicata tramite spray o per immersione a seconda del numero, misura e forma delle parti da trattare. Il tipo di applicazione può comportare differenze nella composizione e morfologia del rivestimento prodotto.
Il lavaggio finale dovrebbe essere effettuato con acqua deionizzata o con prodotti di passivazione a base di composti di CrVI e CrIII.

Considerazioni ambientali generali: i reflui potrebbero richiedere un controllo per il pH e potrebbero contenere nichel, manganese, zinco , che possono essere trattati in un tipico sistema di

trattamento acque. Mentre anioni di interesse, quali nitriti e floruri potrebbero richiedere dei trattamenti aggiuntivi.
I fanghi che si formano devono venire rimossi, quali rifiuti, per mantenere la soluzione.
Per problemi legati alla salute, sicurezza e ambiente sono stati sviluppati:

- processi senza nitriti;
- processi senza nichel;
- post lavaggi senza cromo;
- linee di fosfatazione senza effluenti.

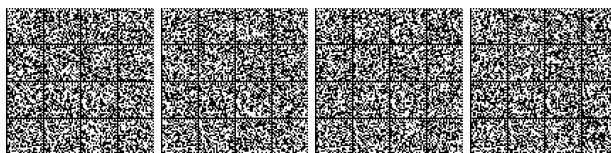
Fosfatazione alcalina
viene impiegata soprattutto quando la protezione alla corrosione non deve soddisfare requisiti stringenti.

- *Per i substrati in acciaio*: le soluzioni (pH 4-6) sono a base di fosfati alcalini, acido fosforico libero, e piccole quantità di additivi, agenti ossidanti (quali clorati, cromati o nitriti), fosfati condensati (pirofosfato o tripolifosfato), e speciali attivatori (fluoruro o molibdato). La prima reazione è quella del decapaggio che produce ioni Fe^{2+} dal substrato; questi ioni reagiscono con gli ioni fosfato della soluzione per formare fosfato di ferro poco solubile che precipita e aderisce tenacemente alla superficie di metallo. I processi di fosfatazione del ferro non richiedono accelerazione. Lo spessore del rivestimento varia a seconda della composizione del bagno usata. Il rivestimento formato sulla superficie ferrosa contiene ossidi di ferro e fosfati. Generalmente le soluzioni contengono tensioattivi per la pulizia, in questo modo le superfici oleose potrebbero essere trattate in un solo step.
- *Per i substrati in zinco*: la sequenza delle reazioni è analoga a quelle sopra descritta.

Fosfatazione a base di zinco
Viene usata per il trattamento di superfici di acciaio e zinco (o rivestimento di zinco su acciaio) così come su compositi di questi metalli con alluminio. Le applicazioni possono essere effettuate tramite immersione o spray. I costituenti fondamentali sono: zinco, ioni fosfati e agenti ossidanti (spesso nitrito di sodio). Il pH varia tra 2 e 3.5. Le concentrazioni variano considerevolmente; vengono usati comunemente additivi quali nitrati, floruri, fluoruri di silicio, ioni nichel o ioni manganese.

Fosfatazione a base di manganese
Viene fatta solo tramite immersione. Spesso viene usato come acceleratore il nitrato ferroso.

13 - Cromatazione

Viene usata per aumentare la protezione dalla corrosione su varie tipologie di substrati metallici (zinco e cadmio elettrodeposto, stagno, alluminio, magnesio e sue leghe, rame, ottone e bronzo, nichel, argento, acciaio inossidabile, ecc). Senza questa protezione le superfici di acciaio con rivestimento elettrodeposto di zinco hanno una forte tendenza alla formazione di ossidi bianchi di zinco. Viene usata in quasi tutte le aree delle industrie dell'acciaio, ed è un passaggio fondamentale del post trattamento nella zincatura. Alla tipica cromatazione gialla sono stati affiancati nuove tipologie di cromatazione blu e nera, che aggiungono un effetto decorativo alla protezione alla corrosione.
La fosfo-cromatazione può essere effettuata usando sia il cromo esavalente che quello trivalente. Viene usata anche nel trattamento dell'alluminio prima della verniciatura.

Gli strati hanno spessore che varia tra 0.1 e 2µm e sono ottimi per l'adesione dei trattamenti successivi quali la verniciatura o il rivestimento di materiale sintetico. Per incrementare la protezione dalla corrosione si può applicare una successiva sigillatura.
La composizione tipica delle soluzioni usate è: acido cromico, dicromato, cloruro, fluoruri, solfati borati, nitrati e acetati, che vengono usati in differenti combinazioni e concentrazioni per produrre colori e caratteristiche superficiali differenti.

Cromatazione (CrVI)
I processi convenzionali sono tutti a base di soluzioni ossidanti acide in cui l'ossidante è il cromo esavalente. Il meccanismo di protezione si basa sulla dissoluzione del CrVI presente sulla superficie del film. La presenza di cromato inibisce l'azione corrosiva sulla superficie metallica esposta.

- *Su substrati di zinco*: il rivestimento avviene per reazione chimica in soluzioni acquose. Esistono diverse tipologie di processi disponibili che producono un film superficiale protettivo e decorativo con colori che variano da giallo chiaro a ottone, marrone, nero. In genere più intenso è il colore più resistente alla corrosione è il rivestimento.
- *Su substrato di rame, ottone e bronzo:* il trattamento passiva la superficie e fornisce lucidatura chimica della superficie stessa. Di conseguenza, i trattamenti di cromatazione sul rame e sue leghe sono usati sia come finitura ultima sia come sostituto parziale o totale della lucidatura meccanica prima della nichelatura o cromatura. La passivazione ottenuta riduce la corrosione e l'opacizzazione da solfuro.
- *Su substrato di magnesio e sue leghe*: il trattamento di cromatazione è l'unico metodo comune per trattare il magnesio e le sue leghe a causa della sua facilità alla corrosione. La cromatazione è spesso usata per preparare il magnesio e le sue leghe per un successivo rivestimento galvanico, e anche per proteggere il materiale durante le fasi di stoccaggio e trasporto. I due tipici metodi utilizzati sono:
  - decapaggio, usato principalmente per proteggere le parti durante lo stoccaggio e il trasporto;
  - trattamento di dicromatazione, che fornisce una protezione alla corrosione e favorisce le proprietà di adesione della verniciatura

Cromatazione (CrIII)
l'uso del cromo trivalente è alternativo a quello del cromo esavalente ed è quindi più accettabile sia dal punto di vista della salute che da quello dell'ambiente.
Esiste un processo senza cromo esavalente, dove i rivestimenti assumono una colorazione verde chiaro, giallo iridescente. Questo processo, effettuato con passivazione trivalente bianca senza sigillatura, fornisce una resistenza alla nebbia salina fino a 30-50 ore, ma con sigillatura arriva anche a 120-240 ore; nel caso si utilizzi passivazione gialla trivalente, la resistenza può arrivare a 120 ore, 240 ore con sigillatura. Questa passivazione può essere usata sui rivestimenti di zinco o sue leghe. Le parti così trattate devono poter essere messe in forno a 200°C per 4 ore e mantenere ancora il 90% della loro capacità di protezione dalla corrosione.
Si sta sviluppando anche la passivazione nera (senza CrVI) con risultati analoghi ai test di corrosione.
Comunque, il rivestimento più sottile, grigio oliva, che dà maggiore protezione alla corrosione può essere raggiunto solo usando i processi di conversione con cromo esavalente.
Comparando i rivestimenti di cromo trivalente ai processi a base di cromo esavalente, si può dire che:

- le prestazioni ottenute utilizzando il cromo trivalente sono comparabili a quelle del cromo esavalente per i trattamenti azzurrati e giallo iridescenti (tropicalizzati), mentre

non sono ancora raggiungibili le performance ottenute dai trattametni verde oliva, marrone e nero;
- soluzioni di passivazione fresche non richiedono un tempo di attivazione;
- il colore e la performance dei processi sono più uniformi durante tutta la vita della soluzione;
- il tempo di attività della soluzione è normalmente maggiore a quella del cromo esavalente, ed è limitata dalle impurità piuttosto che dal consumo dei composti attivi del cromo, in questo modo la quantità di soluzione da smaltire è minore;
- richiedono maggiori controlli di processo;
- potrebbero richiedere un rivestimento superficiale o una sigillatura per produrre una resistenza alla corrosione simile alla passivazione più scura del Cr VI;
- la riduzione del CrVI a CrIII non è richiesto nel trattamento delle acque.

Considerazioni ambientali: non esistono particolari considerazioni per quanto riguarda salute e sicurezza relativi al CrIII.
Le soluzioni a CrIII in genere contengono dieci volte la concentrazione di cromo usato nei bagni a cromo VI. La rimozione di zinco della zincatura è due volte quella che avviene con CrVI; il CrIII perciò potrebbe generare più rifiuti nei trattamenti delle acque di scarico.
I processi a base di CrIII con una resistenza simile alla corrosione di quella raggiunta con il CrVI usano generalmente bagni caldi con un maggiore consumo di energia.

Rivestimenti superficiali richiesti dalla cromatazione
Sia i film con CrVI che quelli con CrIII sono porosi e adsorbenti e il loro spessore è limitato. La loro azione protettiva può essere aumentata applicando un successivo film superficiale di rivestimento sia organico che inorganico o misto che funge da barriera fisica. Questi film forniscono benefici aggiuntivi: un'autocopertura, una riduzione sostanziale nella quantità di CrIII asportato dalla superficie trattata e una riduzione dei parametri di frizione.

14 - Colorazione metallica
E' possibile ottenere una vasta gamma di sfumature e colori su differenti metalli da trattamenti a caldo, immersioni chimiche o trattamenti elettrolitici. Questi processi sono usati per parti in ottone, rame e acciaio. Il sistema più comune è quello dell'immersione. I risultati dipendono dall'operazione, dai parametri di processo e dalla formula usata. Vengono usate comunemente soluzioni contenenti ioni metallici (rame, selenio, molibdeno..) in un mezzo acido a temperatura ambiente.

Considerazioni ambientali: a seconda della composizione usata, gli effluenti potrebbero essere pretrattati separatamente prima del tipico trattamento acque.

15 - Annerimento chimico – strato di ossido
Viene effettuato per immersione. Si ricorre a questa tecnica per le caratteristiche di ritenzione dell'olio e per l'aspetto (come base per la pittura).

Considerazioni ambientali: i fumi derivati dai processi con alcali e cromo dovrebbero essere aspirati e passati allo scrubber. Gli effluenti derivanti dagli scrubber dovrebbero venire trattati nell'impianto di trattamento delle acque.
L'acqua di lavaggio potrebbe richiedere il controllo del pH, mentre alcuni materiali (composti con azoto, agenti ossidanti, solfuri) potrebbero essere soggetti a trattamenti addizionali.

16 - Brillantatura

Per l'acciaio viene impiegato acido nitrico concentrato che rende la superficie pulita; il processo forma gas nitrosi.
Rame e ottone vengono brillantati ossidando lo strato superficiale.
L'alluminio e alcune sue leghe possono subire dei processi chimici o elettrochimici di brillantatura per speciali applicazioni, quali finitura luminosa e decorativa.
L'acido fosforico viene usato nei bagni di decapaggio per i telai e le strutture delle biciclette a concentrazioni tra i 10-15%, a temperatura di 40-50°C e talvolta a 80°C.
Le superfici metalliche devono venire completamente sgrassate. Uno sgrassaggio insufficiente, infatti, può dare risultati modesti, come un attacco non uniforme o superfici macchiettate dopo la brillantatura.

Considerazioni ambientali: le soluzioni esauste potrebbero richiedere un trattamento per il basso pH e per il possibile contenuto di metalli, prima di venire smaltite. In alternativa possono venire trattate come rifiuti liquidi.
I fumi acidi, in particolare quelli contenenti NOx, potrebbero richiedere l'estrazione e il conseguente trattamento.

17 - Fresatura chimica

Viene usata per rimuovere il metallo dai pezzi per mezzo della dissoluzione in bagno acido o caustico senza fonti esterne di energia (meccanica o elettrica). Il metallo viene rimosso dalla superficie della parte immersa nel bagno a contatto con la soluzione. Le aree da non rimuovere vengono coperte con materiali protettivi quali neoprene. La velocità di dissoluzione è di circa 0.5 –3 mm/h. Lo spessore rimosso è pressochè costante su tutta la superficie, ma la ruvidità creata varia a seconda del processo usato.
I processi chimici usati sono:

- per l'alluminio: soda caustica con additivi;
- per il titanio: acido fluoridrico con acido nitrico;
- per l'acciaio inossidabile: acido cloridrico con acido nitrico e fosforico.

Considerazioni ambientali: il problema principale è legato ai grandi quantitativi di fango dovuto ai metalli dissolti.

4.1.1.3. Post-trattamenti

1 - Asciugatura ad acqua calda

Finiti i trattamenti, i pezzi devono essere asciugati in fretta per evitare la formazione di macchie e la corrosione. Il metodo più semplice è l'immersione in acqua calda. I componenti vengono immersi per pochi secondi in acqua calda e poi lasciati asciugare all'aria.
Lo svantaggio principale è legato alla grande perdita di energia termica dalla superficie della vasca.
La temperatura dell'acqua deve essere controllata attentamente, non deve infatti superare i 60°C nel caso di componenti in plastica per evitarne la deformazione; mentre in quello dei componenti zincati o passivati non deve superare i 60°C per evitare la disidratazione del rivestimento e la perdita dell'effetto protettivo del film superficiale. I componenti cromati possono invece essere asciugati a temperature fino a 90°C.
Viene usata generalmente acqua deionizzata per evitare macchie.

Considerazioni ambientali: problemi di efficienza energetica.

2 - Asciugatura ad aria calda
Si effettua generalmente negli impianti a telai sulle linee automatiche. I telai vengono piazzati in un essiccatoio delle stesse dimensioni delle vasche alla fine della linea di processo. L'aria può ricircolare a temperature tra i 60-80°C. La perdita di aria rende il sistema termicamente inefficiente.

Considerazioni ambientali: esiste un problema legato all'efficienza energetica se l'aria non è effettivamente conservata e mantenuta in ricircolo continuo.

3 - Asciugatura usando lame d'aria
Si sta diffondento l'uso di mezzi di precisione quali ugelli o lame di aria rispetto a essicatoi per la loro maggiore precisione.
Per descrizione e considerazioni si rimanda a quanto scritto nel punto 8 del pretrattamento.

4.1.2. Aspetti ambientali

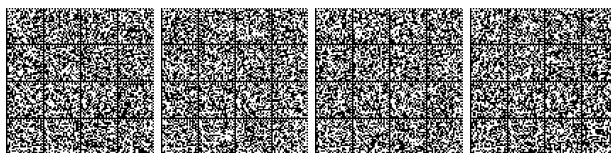
4.1.2.1. I consumi

I fattori ambientalmente significativi per gli impianti di trattamento superficiale sono le emissioni di inquinanti in acqua, la produzione di rifiuti pericolosi, il consumo di energia e acqua e l'efficienza nell'uso di materia prima. Le emissioni in aria sono di minore importanza.
Il consumo delle materie prime e le emissioni inquinanti prodotte da queste industrie sono influenzate da fattori diversi; ma per la grande varietà degli impianti impiegati risulta difficile produrre dati statistici comparabili. La scelta dell'impiantistica dipende da un ampio numero di parametri operativi, tra cui i più importanti sono:

- substrati da trattare;
- forma del pezzo;
- tecnologia di trasporto impiegato nel trattamento;
- tecnologia di pretrattamento;
- programma di rivestimento;
- selezione dei rivestimenti;
- sistema di post-trattamento;
- tecnologia di lavaggio;
- tecnologia di purificazione delle acque e fumi di scarico.

Energia
L'elettricità viene consumata nelle reazioni elettrolitiche ed elettrochimiche, per i macchinari (pompe, motori…), per il riscaldamento delle vasche e dello stabilimento, per asciugare i pezzi, per l'illuminazione, per estrarre i fumi, per il sistema di refrigeramento, ecc.
Si ha perdita di energia:

- quando l'elettricità viene trasformata da alto a basso voltaggio,;
- come perdita di calore, quando l'elettricità passa attraverso le soluzioni (alcuni processi chimici sono meno efficienti di altri);
- per evaporazione e calore radiante dagli impianti.

Viene usata elettricità per i processi elettrochimici, per i processi di raffreddamento e di estrazione dei fumi; possono essere usati gas, carbone, olio o elettricità a seconda della disponibilità e dei costi per il riscaldamento.

La perdita di energia dalla superficie delle soluzioni scaldate è in relazione alla temperatura di processo, e la perdita è maggiore quando c'è agitazione del liquido e estrazione dell'aria.

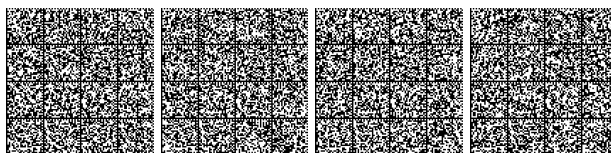
Acqua

La quantità e qualità dell'acqua è critica per questo tipo di industria. Può essere usata per il raffreddamento, per i lavaggi che si fanno tra una fase e l'altra di processo, per prevenire la contaminazione delle soluzioni dei processi successivi, per fermare la reazione di processo o evitare le macchie e gli aloni sui pezzi. La qualità dell'acqua utilizzata dipende dall'uso che se ne deve fare, si possono infatti usare fonti diverse per fini differenti.

L'acqua viene usata direttamente per il lavaggio, o riutilizzata con il sistema a ricircolo. Acqua di minore qualità può essere utilizzata per rifornire le perdite dovute all'evaporazione dalle vasche di processo e per la pulizia delle apparecchiature di filtrazione e di scambio di calore.

Il range dei valori di riferimento per gli scarichi idrici della linea di processo che usano una combinazione di migliori tecnologie disponibili, per la minimizzazione dell'uso dell'acqua è di 3 - 20 l/m^2 per ogni fase di lavaggio (vedi Final Draft 5.1.5.4).

Materiali

Includono gli elementi chimici usati nei processi, gli additivi, ecc.
La perdita dei materiali è soprattutto causa del drag-out, ma anche delle perdite e prelievi per la pulizia e la manutenzione.
In genere l'efficienza dei materiali è bassa, tranne quando intervengono fattori di costo (materiali preziosi es. oro) o di controllo dovuti ad aspetti legislativi (es. cadmio).

4.1.2.2. Acque di scarico

- Nella tabella seguente vengono evidenziati alcuni dei valori limite prescritti per le acque di scarico in alcuni Stati europei (in grassetto valori minimi e massimi).

	Italia	**Belgio**	**Francia**	**Germania**	**Inghilterra e Galles**	**Paesi Bassi**	**Portogallo**	**Spagna**
Scarico in fognature pubbliche (PS) o in acque superficiali (SW)	SW		SW		Valori indicativi delle BAT per PS			
Ag		0,1		0,1	0,1	0,1		
Al	**1,0**	**10,0**	5,0	3,0			5,0	1,0 – 2,0
Cd	0,02	**0,6**	0,2	0,2	**0,01**	0,2	0,2	0,1 – 0.5
CN free	0,5		**0,1**	0,2	0,2	0,2	**0,1**	**0,5 – 1,0**
CrVI	0,2	**0,5**	**0,1**	**0,1**	**0.1**	**0,1**	**0,1**	0,2 – 0,5
Crtot	2,0	**5,0**	3,0	**0,5**	1,0	**0,5**	CrIII 3,0	CrIII 2,0 – 4,0
Cu	**0,1**	4,0	2,0	0,5	2,0	0,5	2,0	**0,2 – 10,0**
F	**6**	10,0	15,0	**50**			15,0	6,0 – 12,0
Fe	**2,0**	**20,0**	5,0	3,0			5,0	2,0 – 10,0
Hg	**0,005**		**0,1**			0,05	0,05	0,05 – 0,1
Ni	2,0	3,0	5,0	0,5 - 1	1,0	**0,5**	5,0	**2,0 - 10**
NO2	**0,6**		**1,0**				**1,0**	
P	10	**2,0**	10	**2**		15	10	**10 - 20**
Pb	**0,2**	**1,0**	**1,0**	0,5			**1,0**	0,2 – 0,5
Sn	**10**	**2,0**	**2,0**	**2,0**	**2,0**	**2,0**	**2,0**	**10,0**
Zn	**0,5**	7,0	5,0	2,0	2,0	**0,5**	5,0	**3,0 - 20**
COD	160	300	**150**	**400**			**150**	
EDT				0		0		
HC tot	5		5,0	**0,1**	**0,1**	**0,1**		**20 - 40**
VOX				**1,0**	**0,1**	**0,1**		
Solidi sospesi					**50**		**60**	
Carico tot di sali			no limiti (parzialmente per i solfati)	no limiti		no limiti		
Carico tot di metalli pesanti			15	no limiti		50 kg/y/factory 20 kg/y/metal	somma di tutti i metalli 15 – 20 mg/l	3
solfati	1000							
cloruri	1200							
Boro	2,0							
tensioattivi	2,0							

Tab. 4– Valori limite prescritti in alcuni Stati per le acque di scarico (mg/l)

Il limite inteso come CN libero negli altri paesi è per l'Italia CN totale.

Come si può vedere dalla tab. 4 i valori limite di emissione italiani si connotano per essere:

- I più restrittivi in assoluto per i metalli più rilevanti per il settore: Alluminio, Rame, Ferro,Piombo,Zinco, oltre che per NO2, Mercurio, Fluoro;
- tra i più restrittivi per CrVI, Cr tot, COD, Cadmio.

Inoltre l'Italia è l'unico paese a limitare Solfati Cloruri Boro e Tensioattivi. In Italia esistono alcune aree in cui i limiti sono ancora più restrittivi (es bacino scolante nella Laguna di Venezia, che possiede delle leggi di tutela specifiche).

Questa particolarità costituisce quella che è stata definita "eccezione Italia", che entra in gioco come fattore limitante dell'applicazione nel nostro paese di parecchie MTD.
In particolare sulle possibilità di riduzione dell'utilizzo delle risorse idriche, sulle possibilità di chiusura del ciclo, su alcune tecniche innovative di sostituzione di sostanze pericolose con altre meno impattanti sull'ambiente, ecc…
Ad esempio la tecnica di Cromatura Trivalente ai Solfati esente da Cloro si basa su una matrice salina di Solfati e di Boro. Le installazioni di cromatura decorativa, avendo soluzioni di nichel (che contengono solfati e boro), saranno limitate ulteriormente nell'applicazione della nuova tecnica dalla indepurabilità del Boro e dei Solfati.
In relazione a tali problematiche potranno essere individuate, attraverso strumenti di programmazione negoziata Stato-regione, le azioni amministrative e le soluzioni tecniche da inserire nell'atto autorizzativo, quali, ad esempio, la riduzione dell'impiego di sostanze pericolose e il ricorso al riutilizzo, che assicurino il raggiungimento degli standard di qualità ambientali di cui al decreto n. 367/2003, fermo restando quanto stabilito, all'articolo 1, comma 9 del decreto medesimo.

I valori riportati per l'Inghilterra e il Galles sono stati forniti dall'Environment Agency for England and Wales, e sono valori di riferimento standard che ci si aspetta siano raggiungibili con l'uso delle MTD.

4.1.2.3. Emissioni in atmosfera

Le emissioni in atmosfera non rappresentano l'impatto ambientale di maggior rilevanza del settore.

4.1.2.4. Rumore

Esistono limiti per il rumore interno prescritti dalla normativa vigente.
Non vi sono problematiche specifiche per l'impatto esterno.

4.1.2.5. Rifiuti

Per la maggior parte degli impianti, i fanghi o i residui solidi, derivanti dalla concentrazione dei solidi prodotti negli impianti di trattamento acque, rappresentano il tipo di rifiuto di maggior entità. Contengono acqua al 60-80%, a seconda della pressione massima di filtrazione e dalla composizione dei fanghi stessi; in genere i fanghi con idrossido di alluminio derivanti dall'anodizzazione hanno un contenuto di acqua non inferiore al 75%. L'aggiunta di agenti flocculanti può agevolare l'estrazione dell'acqua. Con questo contenuto di acqua, il residuo solido assume una apparenza asciutta e friabile. I fanghi contengono piccole quantità di sali insolubili inorganici, composti organici e metalli rimossi (dissolti) dalla superficie dei pezzi o dal substrato e prodotti chimici derivanti dai processi di trattamento.
I metalli dissolti in genere precipitano come idrossidi (inclusi gli idrossidi e gli ossidi di Fe^{2+} e Fe^{3+} dissolti dai substrati di acciaio) o come allumina (l'alluminio dissolto dai substrati nei

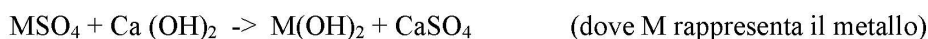
processi di anodizzazione). I rifiuti derivanti dal processo di fosfatazione sono costituiti principalmente da ferro e manganese o fosfato di zinco. Il fango usualmente viene considerato come rifiuto pericoloso (92,EC,1991, 100,EC,2000) e richiede una gestione idonea e secondo la normativa (93,EC,2000, 103,EC,1991).

Il residuo solido può venire sottoposto a processi di "disidratazione" per diminuire il quantitativo di acqua e ridurre così i costi di trasporto e smaltimento. Diventa di aspetto polveroso quando il contenuto di acqua è minore del 40%.

Il quantitativo di fanghi prodotti dipende sia dalle condizioni dei pezzi sia dagli specifici fattori di processo durante il processo di elettrodeposizione. I fattori principali sono:

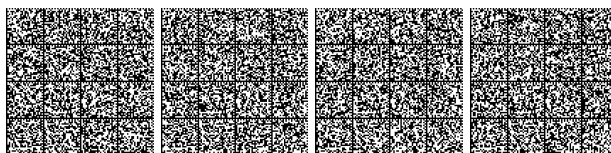
- input di inquinanti;
- erosione degli ossidi di metallo dalla superficie dei pezzi;
- drag-out della soluzione di processo;
- conversione dagli strati di metallo;
- durata di servizio delle soluzioni di processo.

Dall'esperienza sulla quantità di metallo usata negli impianti di trattamento superficiale della Germania e il drag-out avvenuto, si può stimare il quantitativo di fanghi prodotti. Considerando un uso annuale di 20000 t/anno come base di metallo, con un drag-out del 20%, si ha una perdita di metallo pari a 4000 t. Assumendo che i metalli sono presenti come solfati e precipitano per mezzo della classica precipitazione con calce:

$$MSO_4 + Ca(OH)_2 \rightarrow M(OH)_2 + CaSO_4 \qquad \text{(dove M rappresenta il metallo)}$$

e presupponendo che il contenuto di acqua del fango sia del 70% e il rapporto metallo/fango sia circa 1: 10, si ha che per ogni tonnellata di metallo perso si producono 10 tonnellate di fango; di conseguenza in Germania vengono generate 40000 t di fango dalla perdita di metalli non ferrosi.

Uno studio sui consumi e sulle emissioni nel periodo 1998-2000 è stata condotta in 13 impianti di nichelatura in Italia. Tutti gli impianti producevano residui solidi da "filtro a pressione". Il contenuto di acqua è stato determinato in circa il 70%, il contenuto di nichel nei fanghi è tra i 1800 e i 42000 mg/Kg; il fattore di emissione (nichel nei fanghi/nichel totale usato) varia tra i 40 e 80 g/Kg (4-8%). Questo porta a un risultato appena minore di quello calcolato in Germania di 1:10 di metallo/fango.

Bisogna anche tenere conto della quantità di metallo derivante dai processi di decapaggio precedenti la deposizione. In questo caso è difficile fare una stima poiché sono sconosciute le condizioni dei pezzi da trattare, che rappresentano un fattore importante.
Viste queste incertezze si può solo fare una stima della quantità totale di fanghi prodotti. Per la Germania un valore realistico per tutti gli impianti galvanici si aggira attorno a 70000-80000 t/anno. Al momento in Germania il 30% dei fanghi viene riutilizzato come materia prima secondaria nelle industrie di metalli non ferrosi. La Germania è l'unico stato membro ad essere dotato di un impianto di recupero dei fanghi derivanti dai depuratori con una capacità massima stimata in 50.000 ton/anno.

In alcuni casi le soluzioni esauste vengono direttamente trattate come rifiuti liquidi. Possono essere riportate al produttore per riciclarle o smaltite fuori sito come rifiuti liquidi pericolosi, questo è per esempio il caso delle soluzioni di processo contenenti cadmio, cianuri, agenti complessi, ecc.

4.2. MIGLIORI TECNICHE E TECNOLOGIE NEL SETTORE GALVANICO

Le tecniche e i livelli (o range) di consumo e/o emissioni associati presentati nel seguente capitolo sono stati valutati attraverso un processo che ha seguito i seguenti passi:

1. identificazione dei problemi chiavi del settore in esame; in relazione con:
   sistema di gestione e costruzione del sito;
   utilizzo di acqua e materie prime;
   emissioni;
   sostituzione di sostanze pericolose;
   uso di energia;
   contaminazione del sito al momento della dismissione.

2. esame delle principali tecniche;
3. identificazione dei migliori livelli di performance ambientale, sulla base dei dati relativi all'Unione Europea e nel mondo;
4. esame delle condizioni in cui questi livelli di performance vengono ottenuti (costi, effetti, driving force implicate nell'implementazione delle tecniche).

Sulla base di questa valutazione, sono presentati in questo capitolo le tecniche e dove possibile i livelli di consumo e di emissione, che sono da ritenersi appropriati all'intero settore e in molti casi riflettono la reale performance di alcune installazioni. Dove i livelli di consumo e emissione associati con le Migliori Tecniche Disponibili sono presentati, questi rappresentano la performance ambientale che potrebbe essere anticipata come risultato dell'applicazione della data tecnica. In ogni modo, non sono né livelli di consumo né livelli limite di emissione, né così debbono essere intesi. In alcuni casi può essere tecnicamente possibile raggiungere livelli di consumo o emissione migliori, ma per fattori di costo o di effetti incrociati esse possono non essere considerate MTD per il settore.
I livelli di emissione e consumo associati alle MTD debbono essere considerati congiuntamente con alcune specifiche condizioni (es: averaging periods)

Il costo attuale per applicare una tecnica dipende fortemente dalle concrete situazioni (tasse, tariffe, installazione specifica e sue caratteristiche tecniche, limiti ambientali previsti nel territorio specifico).

Le MTD vengono usate quale punto di riferimento per giudicare le performance di una installazione esistente o per giudicare le proposte per una nuova installazione. In questo modo, saranno di aiuto nella determinazione di condizioni appropriate (basate sulle MTD) per le installazioni o nella definizione di regole generali vincolanti secondo l'articolo 9, punto 8 della Direttiva 96/61/CE. Si può pensare che le nuove installazioni possano essere progettate per ottenere livelli di performance migliori di quelle qui indicate. Si deve pure considerare che le installazioni esistenti potranno muoversi attraverso i livelli delle MTD, o fare meglio, tenendo però conto della fattibilità tecnica ed economica in ciascun caso concreto.

I documenti di riferimento delle MTD non rappresentano uno standard legalmente vincolante, sono intesi come linee guida per l'industria, gli Stati Membri e il pubblico, sui livelli di consumo e emissioni raggiungibili usando tecniche specifiche. I valori limite appropriati per ogni caso

specifico necessiteranno di essere determinati tenendo conto degli obiettivi/scopi della direttiva IPPC e delle considerazioni locali.

Le MTD sono applicabili agli impianti nuovi e esistenti, salvo diverse indicazioni. La realizzazione/possibilità/fattibilità di implementare una tecnica, è comunque anche guidata da altri fattori, come la maggiore incidenza dei costi per gli impianti più piccoli, i limiti di certe tecniche, la disponibilità di spazio e le infrastrutture presenti nel sito.

Bisogna considerare tutti i fattori quando si usa questo documento a livello locale includendo anche considerazioni sul tipo di trattamento, età dell'installazione, effettivo impatto ambientale, limiti di legge ecc.

Bisogna tenere a mente che per una particolare installazione abbassare un livello di emissione può non essere una MTD; si devono infatti considerare i costi, gli effetti incrociati e l'antagonismo tra MTD diverse (due MTD possono infatti configgere tra loro). Per questi motivi una installazione non può operare con tutti i parametri ai minimi livelli in tutti i ranges fissati.

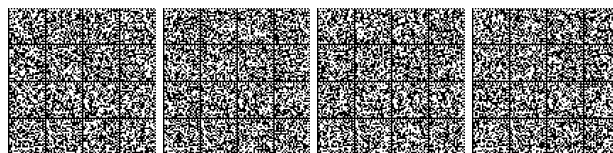
4.2.1. MTD di carattere generale

4.2.1.1. Tecniche di gestione

Ci sono numerose tecniche relative al continuo miglioramento delle performance ambientali; sono intimamente connesse con la buona pratica nel campo della progettazione, della costruzione, del funzionamento e del mantenimento dell'installazione per un grado ottimale di efficienza. Queste tecniche forniscono la struttura per assicurare l'identificazione, l'adozione e l'aderenza alle opzioni delle MTD, che restano importanti per migliorare le emissioni ambientali; infatti, spesso, la gestione, la manutenzione e lo stoccaggio possono prevenire le emissioni.

Una serie di tecniche di gestione vengono considerate come MTD. Lo scopo e la natura del sistema generalmente vengono relazionati alla natura, scala e complessità dell'installazione e range di emissioni/impatti ambientali prodotte.

<u>Gestione ambientale</u>
È MTD implementare e aderire a un sistema di gestione ambientale (SGA); ciò implica:
- definire una politica ambientale;
- pianificare e stabilire le procedure necessarie;
- implementare le procedure (facendo particolare attenzione a: struttura e responsabilità, formazione, consapevolezza, competenza, comunicazione, coinvolgimento degli operai, documentazione, controlli, programmi di manutenzione, preparazione e responsabilità in caso di emergenza, conformità alla legislazione ambientale);
- controllare le performance e prevedere azioni correttive (facendo particolare attenzione a: monitoraggio e misure, azioni correttive e preventive, conservazione dei dati, auditing interno, se possibile indipendente);
- revisione da parte del management.

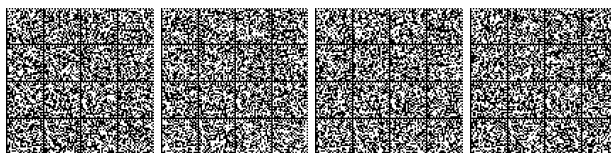
sarebbe consigliato:
- avere un sistema di gestione ambientale e le procedure di controllo esaminate e validate da un ente di certificazione esterno accreditato o un auditor esterno;

- preparare e pubblicare un rapporto ambientale descrivendo tutti gli aspetti ambientalmente importanti dell'installazione, permettendo una comparazione anno per anno degli obiettivi, prestazioni, con benchmanrk appropriati per il settore;
- implementare e aderire a un sistema volontario internazionalmente riconosciuto, quali ISO 14001/96 ed EMAS.

È importante anche tenere conto di:
- impatti ambientali derivanti dall'eventuale dismissione dell'installazione fin dalla fase di progettazione dell'impianto;
- sviluppo e uso di tecnologie più pulite;
- benchmarking di settore, dove possibile, includendo efficienza energetica, consumo di energia, consumo e conservazione di acqua, scelta ed utilizzo di materia prima, emissione in aria, scarichi, produzione di rifiuti….

Manutenzione e stoccaggio
È MTD implementare programmi di manutenzione e stoccaggio, che comportano anche formazione dei lavoratori e azioni preventive per minimizzare i rischi ambientali specifici del settore.

Minimizzare gli effetti della rilavorazione
È MTD minimizzare gli impatti ambientali dovuti alla rilavorazione attraverso un sistema di gestione che richieda regolare rivalutazione delle specifiche di processo e del controllo di qualità fatto assieme dal cliente e dall'operatore. Questo può esser fatto:
- assicurandosi che le specifiche siano corrette e aggiornate, compatibili con la legislazione, applicabili, possibili da ottenere, misurabili;
- se cliente e produttore discutono insieme di ogni cambiamento proposto in entrambi i processi e sistemi prima dell'implementazione;
- formando/insegnando agli operatori/lavoratori a usare il sistema;
- assicurandosi che i clienti siano consapevoli delle limitazioni del processo e dei risultati ottenibili.

Benchmarking
È MTD stabilire dei benchmarks o valori di riferimento (interni o esterni) per monitorare le performance degli impianti. Le aree essenziali per il benchmarking sono l'uso di energia, di acqua e di materie prime. Il periodo, la frequenza e il dettaglio della registrazione dei dati devono essere adeguati alla dimensione del processo e all'importanza della misura.
È MTD cercare continuamente di migliorare l'uso degli inputs rispetto ai benchmarks. Un buon sistema di azione include:
- l'identificazione di personale responsabile della valutazione e dell'analisi dei dati,
- azioni per allertare gli operatori rapidamente al variare delle normali performance;
- analisi delle motivazioni delle variazioni avvenute, ecc.

Ottimizzazione e controllo della produzione
È MTD calcolare input e output che teoricamente si possono ottenere con diverse opzioni di "lavorazione" confrontandoli con le rese che si ottengono con la metodologia in uso, per ottimizzare le singole attività e i processi in linea. I calcoli necessari possono essere fatti manualmente o più semplicemente con dei software adeguati.
É MTD usare, ove possibile, il controllo in tempo reale della produzione e l'ottimizzazione nei processi in linea, mediante l'uso di sistemi di controllo digitali che raccolgono i dati e reagiscono per mantenere i valori di processo nei limiti predeterminati in tempo reale.

4.2.1.2. Progettazione, costruzione e funzionamento delle installazioni

Implementazione di piani di azione

Nel settore della progettazione, della costruzione e del funzionamento di una installazione è considerata MTD un approccio orientato a prevenire l'inquinamento, da compiersi identificando le sostanze pericolose e il loro pathways, classificando i potenziali pericoli ed implementando un piano di azione di prevenzione in tre fasi:

- prima fase:
  - sufficiente dimensionamento dell'area;
  - pavimentazione delle aree a rischio con materiali appropriati;
  - assicurare la stabilità delle linee di processo e dei componenti (anche delle strumentazioni di uso non comune o temporaneo).

- seconda fase:
  - assicurarsi che le taniche di stoccaggio di materiali/sostanze pericolose abbiano un doppio rivestimento o siano all'interno di aree pavimentate;
  - assicurarsi che le vasche nelle linee di processo siano all'interno di aree pavimentate;
  - dove le soluzioni vengono pompate tra vasche, assicurarsi che le vasche di contenimento che ricevono siano sufficientemente grandi per la quantità che ricevono;
  - assicurarsi che ci sia o un sistema di identificazione degli sversamenti o un programma di controllo.

- terza fase:
  - ispezioni regolari e programmi di controllo;
  - piani di emergenza per i potenziali incidenti adeguati alla dimensione e localizzazione del sito, procedure di emergenza per la sversamenti di olii o sostanze chimiche, ispezioni delle cisterne e vasche, linee guida per la gestione dei rifiuti con riferimento anche al controllo delle sversamenti, identificazione delle apparecchiature in funzione e utilizzate, formazione del personale sulle tematiche ambientali, identificazione dei ruoli e delle responsabilità delle persone coinvolte nelle procedure da attuarsi in caso di incidenti.

Stoccaggio delle sostanze chimiche e dei componenti

Oltre alle indicazioni generali riportate nel documento sullo stoccaggio (23,EIPPCB,2002), per il settore sono MTD:

- evitare che si formi gas di cianuro libero stoccando acidi e cianuri separatamente;
- stoccare acidi e alcali separatamente;
- ridurre il rischio di incendi stoccando sostanze chimiche infiammabili e agenti ossidanti separatamente;
- ridurre il rischio di incendi stoccando in ambienti asciutti le sostanze chimiche, che sono spontaneamente combustibili in ambienti umidi, e separatamente dagli agenti ossidanti. Segnalare la zona dello stoccagggio di queste sostanze per evitare che si usi l'acqua nel caso di spegnimento di incendi;
- evitare l'inquinamento di suolo e acqua dalla perdita di sostanze chimiche;
- evitare o prevenire la corrosione delle vasche di stoccaggio, delle condutture, del sistema di distribuzione, del sistema di aspirazione.

E' MTD per prevenire la degradazione dei substrati/componenti di metallo in stoccaggio:

- ridurre il tempo di stoccaggio;

- controllare la composizione corrosiva dell'aria di stoccaggio controllando l'umidità, la temperatura e la composizione;
- usare o un rivestimento o un imballaggio anti corrosivo.

4.2.1.3. Agitazione delle soluzioni di processo

È MTD procedere all'agitazione delle soluzioni di processo per assicurare il ricambio della soluzione all'interfaccia; questo può ottenersi con:

- turbolenza idraulica;
- agitazione meccanica dei pezzi da trattare;
- sistemi di agitazione ad aria a bassa pressione in caso di:
  - soluzioni dove l'aria, aiuta il raffreddamento per evaporazione, specialmente quando usato con recupero di materiale;
  - anodizzazione;
  - altri processi che richiedono alta turbolenza per ottenere una buona qualità;
  - soluzioni che richiedono ossidazione degli additivi;
  - dove è necessario rimuovere il gas reattivo (come idrogeno).

Non è MTD usare sistemi di agitazione ad aria a bassa pressione con:

- soluzioni calde dove l'effetto di raffreddamento dovuto all'evaporazione aumenta la domanda di energia
- soluzioni con cianuro, poiché aumenta la formazione di carbonato
- soluzione contenenti sostanze volatili per le quali l'insufflazione possa provocare una perdita delle stesse nelle emissione in aria (vedi Final Draft 5.1.10)

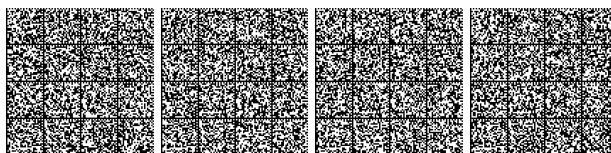
Non è mai MTD l'uso di sistemi di agitazione mediante aria ad alta pressione, per il grande consumo di energia.

4.2.1.4. Consumo delle risorse primarie (Inputs)

È MTD fare benchmarking.

Elettricità (alto voltaggio e alta domanda di corrente)

Per ridurre il consumo di energia è MTD:

- minimizzare la perdita di energia reattiva per tutte e tre le fasi richieste, verificando a intervalli annuali che il cosφ tra il voltaggio e il picco di corrente sia sempre sopra 0.95
- ridurre la caduta di tensione tra i conduttori e i connettori minimizzando la distanza tra i raddrizzatori e gli anodi (rullo conduttore in sistema in continuo - coil coating). L'installazione di raddrizzatori in prossimità degli anodi non è sempre realizzabile; inoltre i raddrizzatori potrebbero essere soggetti a corrosione e/o alta manutenzione. Possono altrimenti essere utilizzate barre con sezione più larga
- tenere le barre di conduzione più corte possibili con sezione sufficiente ad evitare il loro surriscaldamento, eventualmente provvedere con idonei sistemi di raffreddamento
- evitare l'alimentazione degli anodi in serie, non facendo ponte tra uno e l'altro
- effettuare regolare manutenzione ai raddrizzatori e alle barre
- installare moderni raddrizzatori con un miglior fattore di conversione rispetto a quelli di vecchio tipo
- aumentare la conduttività delle soluzioni di processo con gli additivi e il mantenimento delle soluzioni
- usare forme di onda modificate (pulsanti ,..) per migliorare il deposito di metallo, dove la tecnologia esiste

Energia termica

Per le differenti tecniche di riscaldamento usualmente utilizzate si veda l'apposita sezione 4.4.2 del Final Draft. È importante sottolineare che quando si usano resistenze elettriche ad immersione o metodi di riscaldamento diretto applicati alla vasca, è MTD prevenire gli incendi monitorando la vasca manualmente o automaticamente per assicurarsi che il liquido non si asciughi e che in tal modo la resistenza non provochi un incendio del rivestimento della vasca.

Riduzione delle perdite di calore

È MTD ridurre le perdite di calore, operando come segue:

- cercando opportunità per il recupero del calore;
- riducendo la portata d'aria estratta dalle soluzioni riscaldate, ove serve;
- ottimizzare la composizione delle soluzioni di processo e il range di temperatura di lavoro. Monitorare la temperatura di processo e controllare che sia all'interno dei range designati
- isolare le vasche:
    - usando un doppio rivestimento;
    - usando vasche pre-isolate;
    - applicando delle coibentazioni.
- isolare le superfici delle vasche a più alta temperatura, usando isolanti flottanti come sfere o esagoni, laddove questo è possibile. Evitare questa tecnica:
    - dove i pezzi sui telai sono piccoli/leggeri e possano venire sganciati dagli elementi usati per isolare;
    - dove i pezzi sono troppo larghi e possano intrappolare o fare uscire dalla vasca gli elementi flottanti;
    - dove gli elementi flottanti possano interferire con il trattamento
    - negli impianti a rotobarile

Non è MTD usare l'agitazione dell'aria in soluzioni di processo calde dove l'evaporazione causa l'incremento della domanda di energia.

Raffreddamento

E' MTD:

- prevenire il sovra-raffreddamento ottimizzando la composizione della soluzione di processo e il range di temperatura a cui lavorare. Monitorare la temperatura di processo e controllare che sia all'interno dei range designati;
- usare sistemi di raffreddamento chiusi, qualora si installi un nuovo sistema di raffreddamento o se ne sostituisca uno esistente;
- rimuovere l'eccesso di energia dalle soluzioni di processo per evaporazione dove:
    - c'è una necessità di ridurre il volume della soluzione per il make-up;
    - l'evaporazione può essere combinata con sistemi di lavaggio in cascata o sistemi di lavaggio con riduzione di acqua per minimizzare l'utilizzo dell'acqua e dei materiali del processo;
- preferire l'installazione di un sistema di evaporazione rispetto a uno di raffreddamento laddove il bilancio energetico stimato richieda minore energia per indurre un'evaporazione forzata rispetto a quella necessaria per un sistema di raffreddamento tradizionale, il processo chimico deve essere stabile.

È' MTD progettare, posizionare, mantenere sistemi di raffreddamento aperti per prevenire la formazione e la trasmissione della legionella.

Non è MTD usare acqua corrente nei sistemi di raffreddamento a meno che l'acqua venga riutilizzata o le risorse idriche locali lo permettano.

4.2.1.5. Minimizzazione dell'acqua e del materiale di scarto

In questo settore, la maggior parte della perdita delle materie prime avviene nelle acque di scarico, per cui la minimizzazione delle acque e delle materie prime verranno trattate insieme.

Minimizzazione di acqua di processo

Le MTD per minimizzare l'utilizzo di acqua sono:

- monitorare tutti gli utilizzi dell'acqua e delle materie prime nelle installazioni, registrare le informazioni con base regolare (giorno/ora/…) a seconda del tipo di utilizzo e delle informazioni di controllo richieste. Queste informazioni sono usate per il benchmarking e per il sistema di gestione ambientale;
- trattare, usare e riciclare l'acqua a seconda della qualità richiesta dai sistemi di utilizzo e delle attività a valle;
- evitare la necessità di lavaggio tra fasi sequenziali compatibili.

Riduzione del drag-in

Per le nuove linee o le "estensioni" delle linee per ridurre il drag-in dell'acqua in eccesso dai lavaggi precedenti è MTD utilizzare una vasca eco-rinse. L'eccesso di particolato può essere controllato mediante vari sistemi di filtraggio.

L'eco-rinse non può essere usato:

- qualora causi problemi al trattamento successivo;
- negli impianti a giostra, nel coil coating o reel-to reel line;
- attacco chimico o sgrassatura;
- nelle linee di nichelatura, per problemi di qualità;
- nei procedimenti di anodizzazione.

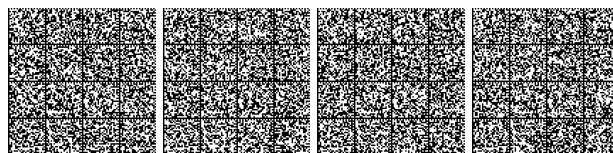
Riduzione del drag-out

E' considerata MTD l'uso di tecniche di riduzione del drag-out, quali quelle descritte in §5.1.2; con le seguenti eccezioni:

- dove non è necessario per via dell'applicazione di MTD alternative:
  - dove l'utilizzo di sostanze chimiche nelle attività in sequenza è compatibile
  - dopo un eco-rinse
- dove la reazione superficiale richiede un rapido bloccaggio mediante diluizione come:
  - passivazione del cromo esavalente;
  - decapaggio, lucidatura, sigillatura dell'alluminio, magnesio e loro leghe;
  - zincatura:
  - decapaggio:
  - pre-dip per attivazione di materie plastiche;
  - attivazione prima della cromatura;
  - colour lightening dopo la zincatura alcalina;
- durante tempo di drenaggio, dove un ritardo può causare la de-attivazione o il danneggiamento della superficie tra due trattamenti, come tra la nichelatura seguita da cromatura.

Riduzione della viscosità

Le MTD per ridurre la viscosità delle soluzioni di processo sono:

- ridurre la concentrazione delle sostanze chimiche o usare i processi a bassa concentrazione;

- aggiungere tensioattivi;
- assicurarsi che il processo chimico non superi i valori ottimali;
- ottimizzare la temperatura a seconda della gamma di processi e della conduttività richiesta.

Lavaggio
È MTD ridurre il consumo di acqua usando risciacqui multipli
Il valore di riferimento per l'utilizzo di acqua negli stadi di risciacquo ottimizzati mediante MTD va da 3 a 20 l/m2 per stadio. Il valore succitato risentirà di molte variabili (forma del pezzo e sua attitudine allo scodellamento, rugosità della superficie del pezzo da trattare, trattamento eseguito sul pezzo prima del lavaggio, …).
Le tecniche spray sono tra quelle maggiormente usate.
Per i circuiti stampati in genere il range è intorno a 20-25 l/m2 per stadio o anche superiore, una maggiore riduzione di volume non è possibile a causa dell'alta qualità del prodotto richiesta.

Ci sono delle tecniche per recuperare materiali di processo facendo rientrare l'acqua dei primi risciacqui nelle soluzioni di processo.

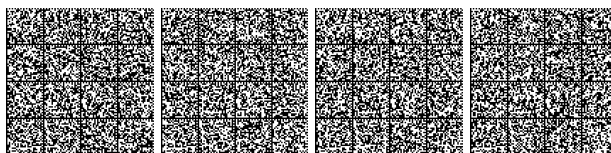
Il raggiungimento del sopra citato limite inferiore può essere limitato per motivi ambientali dai limiti imposti nelle acque di scarico alla concentrazione di:
- boro;
- fluoruri;
- solfati;
- cloruri.

L'incremento del costo energetico per trattare queste sostanze supera di gran lunga il risparmio dato dalla riduzione dello scarico d'acqua.

Non si ricorre alla riduzione del consumo di acqua tramite risciacqui multipli:
- dove la reazione sulla superficie richiede un bloccaggio rapido mediante diluizione:
  - passivazione col cromo esavalente;
  - decapaggio, lucidatura, sigillatura dell'alluminio, magnesio e loro leghe;
  - zincatura;
  - decapaggio;
  - pre-dip per attivazione di materie plastiche;
  - attivazione prima della cromatura;
  - colour lightening dopo la zincatura alcalina.
- dove ci può essere una perdita di qualità.

4.2.1.6. Recupero dei materiali e gestione degli scarti

Per il recupero dei materiali e la gestione degli scarti le MTD sono:
- prevenzione;
- riduzione;
- riutilizzo;
- riciclaggio e recupero;

di questi la prevenzione e la riduzione delle perdite di materie prime sono prioritarie. La perdita di metalli e altri elementi può essere molto ridotta usando MTD nel processo di produzione.
Un punto chiave sono i fanghi contenenti metalli. Questi possono essere recuperati fuori produzione con alcune limitazioni:
- solo i metalli possono essere recuperati

- il livello di recupero dipende dal valore di mercato dei metalli da recuperare
- non è possibile trovare impianti di trattamento fanghi in tutti i Paesi Membri

I livelli indicativi di efficienza di processo con cui fare riferimento sono riportati nella tabella sottostante.

Processo	% di efficienza dei materiali
Zincatura	70% con passivazione (tutti i processi) 80% senza passivazione (tutti i processi) 95% per processi in continuo
Nichelatura elettrolitica (closing the loop)	95%
Nichelatura elettrolitica (ciclo non chiuso)	80 - 85%
Ramatura (processi con cianuro)	95%
Ramatura (ciclo non chiuso)	95%
Cromatura con Cr VI (closing the loop)	95%
Cromatura con Cr VI (ciclo non chiuso)	80 - 90%
Rivestimento con metalli preziosi	98%
Cadmiatura	99%

Tabella 5 – Percentuale di efficienza nell'utilizzo dei metalli

Prevenzione e riduzione

Le MTD per prevenire la perdita di metalli e materie prime (sia metalliche che non metalliche) si ottengono riducendo e gestendo il drag-out, aumentando il recupero del drag-out, includendo scambiatori ionici, membrane, evaporazione ed altre tecniche per concentrare e riusare il drag-out e l'acqua di risciacquo riciclata.

Le MTD per prevenire la perdita di materie prime dovute al sovradosaggio si ottengono monitorando le concentrazioni di sostanze, registrando e confrontando gli utilizzi delle stesse, fornendo ai tecnici responsabili i dati per ottimizzare le soluzioni di processo. Questo di solito viene fatto mediante analisi statistica e dosaggio automatico.

Riutilizzo

Ci sono MTD per recuperare i metalli come materiali anodici in combinazione con il recupero delle soluzioni di drag-out. Il riutilizzo può essere raggiunto mediante la riduzione dell'acqua e il recupero della stessa per successive fasi di risciacquo.

Recupero dei materiali – closing the loop

E' MTD cercare di recuperare i materiali dai lavaggi/risciacqui se è possibile riutilizzarli nel processo. In generale il ciclo chiuso non può essere raggiunto , per tale motivo è stata cassata la definizione inglese "closed loop" sostituendola con la più flessibile definizione "Closing the loop".

Closing the loop significa quindi cercare di chiudere il ciclo applicando determinate tecniche operando su una data fase del processo.

Le limitazioni alla chiusura del ciclo di una fase di processo possono discendere da:

- limiti massimi di concentrazione cui deve sottostare la soluzione operativa (nella valutazione tecnico-economica si dovrà considerare che parte del materiale recuperato non potrà essere riavviato al processo potendo diventare un rifiuto se non reimpiegabile da altri operatori)

-limiti derivanti dall'eccessivo impiego di risorse ed energie necessarie per rendere riutilizzabile nel processo quanto recuperato; ricomprendendo nel calcolo costi/benefici non solo e non tanto gli elementi diretti di costo ed il valore del materiale recuperato, ma anche i benefici in termini di minor produzione di rifiuti ed i minori costi di depurazione chimico-fisica consentiti dalla MTD.
-limiti di applicabilità continua nel tempo della tecnica (lunghezza del periodo di fermo tecnico per manutenzione del macchinario, raggiungimento delle concentrazioni massime consentite nel processo,…) per tale motivo è sempre opportuna la presenza di un impianto chimico-fisico di depurazione tradizionale a valle.

Closing the loop per i processi chimici può essere raggiunto mediante una intelligente combinazione delle seguenti tecniche: risciacquo in cascata, scambio ionico, tecniche a membrana, evaporazione.

Closing the loop è una definizione che sottintende che non esiste ancora una tecnica a "scarico zero". Possono infatti essere prodotti rifiuti più concentrati e più difficilmente trattabili,vapori o gas esausti, ecc… Inoltre la corretta applicazione di una MTD ad una certa fase di processo lascia intendere che vi saranno comunque scarichi derivanti da altre fasi del ciclo visto nel suo complesso. Si dovrà quindi anche valutare gli influssi sui restanti scarichi e sulla loro depurazione della applicazione di una data MTD in quanto non è stabilito a priori che l'effetto della eliminazione nel refluo di una certa sostanza sia sempre positivo per la prestazione dell'impianto nella sua globalità.

Closing the loop può ottimizzare il livello di utilizzo delle materie prime, ed in particolare può:
- ridurre l'uso di materie prime e acqua;
- raggiungere bassi livelli di emissione essendo una tecnica di trattamento point-source;
- ridurre la necessità del trattamento end of pipe dell'acqua di scarico;
- ridurre l'utilizzo complessivo di energia se in congiunzione con l'utilizzo di evaporatori al posto di sistemi di raffreddamento;
- ridurre l'utilizzo di sostanze chimiche per trattare e recuperare i materiali le quali a loro volta finirebbero nell'acqua di scarico;
- ridurre la perdita di materiale stabili come PFOS, dove usati.

Closing the loop è stato impiegato con successo per trattamenti su alcuni substrati come:
- metalli preziosi;
- cadmio:
- nichelatura in rotobarile;
- ramatura, nichelatura e cromatura esavalente per scopi decorativi;
- cromatura a spessore.

Riciclaggio e recupero

Le MTD per riciclaggio e recupero sono:
- identificare e isolare i materiali di scarto e acque di scarto nel singolo stadio di processo per facilitarne il recupero o riutilizzo;
- recuperare o riciclare i metalli dall'acqua di scarto;
- riutilizzare i materiali al di fuori del processo dove la qualità e la quantità lo permettano;
- recuperare i materiali al di fuori del processo.

L'efficienza complessiva può essere incrementata tramite il riciclo esterno. In ogni caso queste vie di riciclo eseguite da terzi non sono state validate dal gruppo di lavoro per i possibili impatti dovuti agli effetti incrociati o per la loro particolare efficienza di recupero.

Resa dei diversi elettrodi

Nell'elettrodeposizione dove l'efficienza anodica è maggiore di quella catodica e la concentrazione del metallo aumenta costantemente ci sono delle MTD per controllare l'aumento di concentrazione:

- dissoluzione esterna del metallo, con l'elettrodeposizione utilizzante anodo inerte;
- sostituizione di alcuni anodi solubili con anodi a membrana aventi un separato circuito di controllo delle extra correnti. Gli anodi a membrana sono delicati e non è consigliabile usarli in aziende di trattamento terziste;
- l'uso di anodi insolubili dove questa tecnica è sperimentata.

4.2.1.7. Mantenimento delle soluzioni di processo

È MTD aumentare la vita utile dei bagni di processo, avendo riguardo alla qualità del prodotto; questo è particolarmente importante quanto più operi un sistema che cerchi di chiudere il ciclo. I mezzi per aumentare la vita delle soluzioni operative si basano sulla determinazione dei parametri critici di controllo, cercando di mantenerli entro limiti accettabili utilizzando le tecniche di rimozione dei contaminanti (elettrolisi selettiva, membrane, resine a scambio ionico,…)

4.2.1.8. Emissioni: acqua di scarico

Vengono di seguito riportate le MTD specifiche.

Minimizzazione dei flussi e dei materiali da trattare

È MTD minimizzare l'uso dell'acqua in tutti i processi. Ma esistono delle situazioni in cui tale riduzione può essere limitata dall'aumento della concentrazione degli anioni difficili da trattare.

È MTD eliminare o minimizzare l'uso e lo spreco di materiali, particolarmente delle sostanze principali del processo.

La sostituzione e il controllo delle sostanze pericolose è precedentemente descritta.

Prove, identificazione e separazione dei flussi problematici

È MTD, quando si cambia il tipo di sostanze chimiche in soluzione e prima di usarle nel processo, verificare il loro impatto sui pre-esistenti sistemi di trattamento degli scarichi.

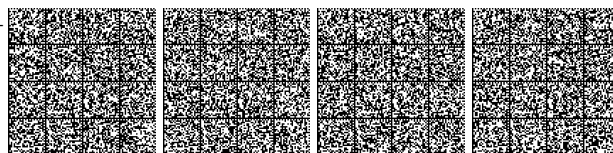
Se questi test evidenziano dei problemi si può:

- rifiutare le soluzioni con i nuovi prodotti chimici;
- cambiare sistema di trattamento delle acque per superare l'inconveniente.

È MTD identificare, separare e trattare i flussi che possono rivelarsi problematici se combinati con altri (flussi) come:

- olii e grassi
- cianuri
- nitriti
- cromati (CrVI)
- agenti complessanti
- cadmio (nota: è MTD utilizzare cadmio in ciclo chiuso).

Scarico delle acque reflue

Per una installazione specifica i livelli di concentrazione di un dato inquinante devono essere considerati in relazione agli altri carichi emessi dall'installazione e la specificazione tecnica della stessa (es. effettive lavorazioni svolte, alta o bassa portata, altre MTD, misure per ridurre il consumo di acqua). In particolare è da notare che la riduzione dei flussi può ridurre i carichi a un punto in cui l'incremento di concentrazione dei sali disciolti aumenta la solubilità di alcuni metalli come lo zinco.

Le MTD possono essere ottimizzate per un parametro ma queste potrebbero risultare non ottime per altri parametri (come la flocculazione del deposito di specifici metalli nelle acque di trattamento). Questo significa che i valori più bassi dei range potrebbero non essere raggiunti per tutti i parametri. In siti specifici o per sostanze specifiche potrebbero essere richieste alternative tecniche di trattamento, sempre nel rispetto dei limiti vigenti.

Tecnica a scarico zero

Le tecniche a scarico zero per una installazione completa si ottengono solo in un limitato numero di situazioni basate su una combinazione di tecniche del tipo:

- termiche;
- membrana;
- scambio ionico.

Queste tecniche generalmente non sono MTD per via dell'elevato fabbisogno energetico e del fatto che producono scorie di difficile trattamento. Inoltre richiedono ingenti capitali ed elevati costi di servizio. Vengono usate solo in casi particolari e per fattori locali.

4.2.1.9.Rifiuti

Le MTD relative alla riduzione dei rifiuti come quelle riguardanti il recupero dei materiali e di gestione dei rifiuti sono state precedentemente discusse.

4.2.1.10. Emissioni in aria

Per il rilascio di VOC dal sistema di sgrassaggio a vapore (tricloro etilene e cloruro di metilene) si rimanda al documento di riferimento per i trattamenti di superficie che utilizzano solventi (90, EIPPCB), per l'acqua di scarico e la gestione e il trattamento dei gas di scarico nel settore chimico (87, EIPPCB) e la direttiva sulle emissioni di solventi (97, EC, 1999).

Le seguenti tabelle cercano di fornire delle indicazioni per contemperare due esigenze contrapposte:

- l'esigenza ambientale di minimizzare l'estrazione, poiché essa contribuisce direttamente all'incremento delle emissioni,
- le esigenze di salubrità del luogo di lavoro, che richiedono un livello minimo di aspirazione per evitare accumuli/concentrazioni di nebbie all'interno dello stabilimento;
-

Tipo di soluzione o attività	Soluzioni che richiedono estrazione dell'aria
Cianuro	In tutti i casi
Cadmio	In tutti i casi
Cromo esavalente con uno o più dei seguenti attributi	• soluzioni di elettrodeposizione • caldo • agitato con aria
Soluzioni di nichel	Quando agitato con aria
Ammoniaca	Soluzioni che producono ammoniaca, sia dove l'ammoniaca è un componente sia dove è un sottoprodotto
Polvere prodotta da attività quali la lucidatura e pulitura	Tutte
Uso di anodi insolubili	Dove c'è rischio di esplosione

Tabella 6 – Soluzioni o attività che richiedono l'estrazione di aria

Soluzioni acide	Soluzioni che non necessitano di estrazione	Soluzioni che necessitano di estrazione

Processi con acido nitrico con emissioni di NO_X		Processi per i trattamenti delle superfici di metalli similari come risultato nel rilascio in aria di ossido di azoto includono: • lucidatura chimica dell'alluminio • pulitura chimica ad immersione per la lucidatura delle leghe di rame • decapaggio usando acido nitrico, che potrebbe contenere anche acido fluoridrico • pulitura in situ usando acido nitrico • strippaggio chimico con acido nitrico
Decapaggio e strippaggio usando acido cloridrico	Acido cloridrico usato a temperatura ambiente e a concentrazioni sotto il 50 % v/v grado tecnico con acqua, generalmente non produce gas o fumi di HCl che richiedono l'estrazione per motivi di salute e sicurezza	Acido cloridrico usato a concentrazioni alte e/o a elevate temperature che generano rilascio significante di gas e fumi di HCl che richiede l'estrazione per motivi di salute e sicurezza e per prevenire la corrosione nell'ambiente di lavoro. (il grado tecnico è di 31 - 36 % di HCl, perciò la diluizione di 50% equivale a una soluzione di 15 – 18% di HCl. Soluzioni più forti richiedono estrazione)
Decapaggio e strippaggio usando acido solforico	Acido solforico usato a temperature sotto 60° C generalmente non produce nebbia acida che richiede l'estrazione	Acido solforico usato a temperature superiori a 60°C produce un aerosol di acido che richiede l'estrazione per motivi di salute e sicurezza nell'ambiente di lavoro e per evitare danni da corrosione al materiale stoccato pre e post trattamento, alle strutture ed agli impianti.
Decapaggio con acido fluoridrico		In tutti i casi
Soluzioni alcaline		
Sgrassatura alcalina a base acquosa	Gli elementi chimici alcalini non sono volatili e non richiedono l'estrazione dei fumi per motivi di salute e sicurezza o per protezione dell'ambiente	Le vasche di lavaggio alcalino che operano a temperature superiori a 60°C possono generare significanti quantità di vapore acqueo che possono essere estratte per il comfort dell'operatore e per prevenire la corrosione

Tabella 7 – Soluzioni acide e alcaline che possono richiedere l'estrazione di aria

Emissioni [mg/Nm³]	**Range di emissioni associati con potenziali MTD [mg/Nm³]**	**Attività a ciclo continuo [mg/Nm³]**	**Alcune Tecniche usate per soddisfare le necessità ambientali associate ai range d'emissione**
Ossido di azoto (acido totale formatosi come NO_2)	<5 – 500		Scrubber o torri di adsorbimento generalmente raggiungono valori al di sotto di 200 mg/l e più bassi con scrubber alcalini
Acido fluoridrico	<0.1 – 2		Scrubber alcalino
Acido cloridrico	<0.3 – 30	Processi con stagno o cromo (ECCS) 25-30	Valori più bassi potrebbero essere raggiunti senza trattamento EoP. scrubber ad acqua
SOx come SO_2	0.1 – 10		Torri a scambio in controcorrente con scrubber alcalino finale
Ammonio come N-NH_3	0.1 – 10		scrubber ad umido
Cianuro	0.1 – 3.0		Agitazione senza aria Processi a bassa temperatura Processi senza cianuri Il limite inferiore del range può essere raggiunto usando uno scrubber alcalino.
Zinco	<0.01 – 0.5	Processi a zinco, zinco-nichel 0.2 – 2.5	Il valore inferiore può essere raggiunto senza trattamenti Scrubber ad acqua
Rame	<0.01 – 0.02		Il valore inferiore può essere raggiunto senza trattamenti

Cromo esavalente, composti con cromo	Cr(VI) <0.01 – 0.2 Cromo tot <0.1		Sostituzione del cromo esavalente con cromo trivalente o tecniche senza cromo Droplet separator Scrubber o torri di adsorbimento
Ni e suoi composti come nichel	<0.01 – 0.1		Il valore inferiore può essere raggiunto senza trattamenti Condensazione in scambiatori a caldo Scrubber ad acqua o alcalino Filtri (per soluzioni agitate ad aria)
Particolato	<5 – 30	Processi con stagno o cromo (ECCS) 1-20	Il trattamento potrebbe non essere necessario Per il trattamento del particolato a secco potrebbero essere necessari, per raggiungere il limite inferiore: Scrubber ad umido Ciclone Filtri Per i processi a umido, scrubber ad umido o alcalino raggiungono il limite inferiore.

Tabella 8 – Tecniche per minimizzare la quantità d'aria da trattare e ridurre le emissioni

Quando si applica l'estrazione dell'aria, si considerano MTD le tecniche predisposte per minimizzarne lo scarico.
Nel trattamento ad umido dell'aria estratta, è MTD far raggiungere (ma non superare) alle acque d'abbattimento dei vapori, il limite massimo di concentrazione della sostanza, definito da:

- limite per cui è abilitato l'impianto di trattamento chimico fisico delle acque cui verrà avviato il refluo
- limite di efficienza dell'impianto di abbattimento.

Ad esempio: sia autorizzato un impianto al trattamento chimico fisico dei reflui per un dato elemento disciolto a 90 mg/l e sia consigliato operare con l'abbattitore dei vapori, sempre ad esempio, a 80 mg/l per quell'elemento; si stabilirà una frequenza di estrazione per la depurazione del refluo che rispetti il minimo dei due valori (80 mg/l).

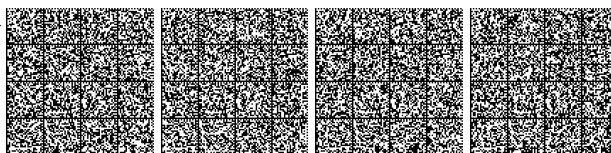
4.2.1.11. Rumore

È MTD identificare le principali fonti di rumore e i potenziali soggetti sensibili.
È MTD ridurre il rumore mediante appropriate tecniche di controllo e misura; la soglia del rumore può essere ridotta provvedendo a semplici operazioni come:

- chiusura di porte o portoni;
- minimizzazione delle consegne e sincronizzazione dei tempi di consegna;
- progettare sistemi di controllo – riduzione, come silenziatori per grandi ventilatori, uso di schermature acustiche (dove possibile) per macchinari particolarmente rumorosi;

4.2.1.12. Protezione delle falde acquifere e dismissione del sito

È MTD proteggere le falde acquifere e sovrintendere alla dismissione del sito mediante:

- la considerazione della fase di dismissione durante la progettazione dell'installazione;
- contenimento dei materiali in aree recintate e pavimentate all'interno del sito, utilizzando tecniche di progettazione, prevenzione degli infortuni e gestione precedentemente discusse;
- registrazione della storia (luogo di utilizzo e luogo di immagazzinamento) dei principali e più pericolosi elementi chimici nell'installazione;
- aggiornamento annuale delle informazioni come previsto nel SGA;
- utilizzo delle informazioni acquisite durante la chiusura dell'installazione, rimozione dei macchinari, costruzioni e residui dal sito;

- utilizzo di azioni di prevenzione per potenziali fonti di contaminazioni delle falde del terreno.

4.2.2. MTD per specifici processi

Le tecniche del precedente paragrafo §5.1.1 possono essere applicate a impianti a telaio, a giostra e linee manuali. Le tecniche che verranno di seguito indicate possono essere utilizzate solo in contesti specifici.

4.2.2.1. Telaio

Nelle linee a telaio, è MTD preparare i telai in modo da minimizzare le perdite di pezzi e in modo da massimizzare l'efficiente conduzione della corrente.

4.2.2.2. Riduzione del drag-out in impianti a telaio

Le MTD per la riduzione del drag-out delle soluzione nei processi che usano i telai consistono in una combinazione delle seguenti tecniche:

- sistemazione dei pezzi da trattare in modo da evitare la ritenzione dei liquidi di processo, riducendo i fenomeni di scodellamento;
- massimizzazione del tempo di sgocciolamento. Questo può essere limitato da:
  - tipo di soluzioni usate;
  - qualità richiesta (tempi di drenaggio troppo lunghi possono causare una asciugatura del substrato creando problemi qualitativi nella fase di trattamento successiva);
  - tempo di ciclo disponibile/attuabile nei processi automatizzati;
- ispezione e manutenzione regolare dei telai verificando che non vi siano fessure e che il loro rivestimento conservi le proprietà idrofobiche;
- accordo con il cliente per produrre pezzi disegnati in modo da non intrappolare le soluzioni di processo e/o prevedere fori di scolo;
- sistemi di ritorno in vasca delle soluzioni scolate;
- lavaggio a spruzzo, a nebbia o ad aria in maniera da mandare l'eccesso di soluzione nella vasca di provenienza. Questo può essere limitato dal:
  - tipo di soluzione;
  - qualità richiesta;
  - tipo di impianto.

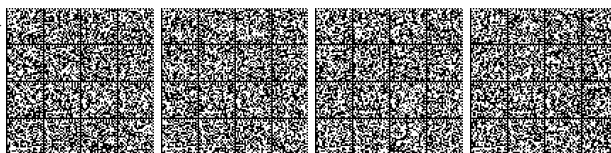
Un utilizzo eccessivo dello spray può causare aerosol di sostanze chimiche e l'asciugatura troppo rapida (e non uniforme) può macchiare le superfici. Questo può essere evitato usando:

- spray in ambienti chiusi;
- spray a bassa pressione.

In fase di progettazione e nelle manutenzioni bisogna considerare eventuali problemi legati allo sviluppo di legionella.

4.2.2.3. Riduzione del drag-out in impianti a rotobarile

Le MTD per prevenire il drag-out delle soluzioni di processo nei rotobarili sono:

- costruire il rotobarile in plastica idrofobica liscia, ispezionarlo regolarmente controllando le aree abrase, danneggiate o i rigonfiamenti che possono trattenere le soluzioni;
- assicurarsi che i fori di drenaggio abbiano una sufficiente sezione in rapporto allo spessore della piastra per ridurre gli effetti di capillarità;
- massimizzare la presenza di fori nel rotobarile, compatibilmente con la resistenza meccanica richiesta e con i pezzi da trattare;

- sostituire i fori con le mesh-plugs sebbene questo sia sconsigliato per pezzi pesanti e laddove i costi e le operazioni di manutenzione possano essere controproducenti.

Le MTD per ridurre il drag-out mentre si estrae il rotobarile dal bagno sono:
- estrarre lentamente il rotobarile;
- ruotare a intermittenza il rotobarile;
- risciacquare usando un tubo dentro il rotobarile, qualora sia convenientemente attuabile il recupero di materia prima nelle soluzioni di provenienza, considerando anche le possibilità impiantistiche concrete;
- prevedere canali di scolo che riportano le soluzioni in vasca;
- inclinare il rotobarile quando possibile.

Queste tecniche da un lato riducono il drag-out nei rotobarili, dall'altro rendono più efficiente il risciacquo degli stessi, in quanto c'è meno soluzione.

4.2.2.4. Linee manuali

Le MTD delle linee manuali sono:
- sostenere il rotobarile o i telai in scaffalature sopra ciascuna attività per assicurare il corretto drenaggio ed incrementare l'efficienza del risciacquo spray;
- incrementare il livello di recupero del drag-out usando altre tecniche descritte.

4.2.2.5. Sostituzione e/o controllo di sostanze pericolose

Casi specifici dove si possono ridurre le sostanze pericolose vengono descritti di seguito.
Vengono anche descritte le tecniche per ridurre le emissioni e/o utilizzo di sostanze pericolose nei processi in cui devono essere usate.

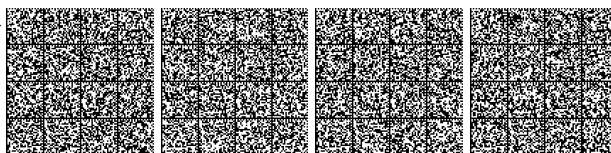
<u>EDTA</u>

Evitare l'uso di EDTA e di altri agenti chelanti mediante:
- utilizzo di sostituti biodegradabili come quelli a base di gluconato;
- usando metodi alternativi come il ricoprimento diretto.

Dove l'EDTA deve essere usato le MTD sono:
- minimizzare il suo rilascio mediante tecniche di conservazione;
- assicurarsi che non vi sia EDTA nelle acque di scarico mediante l'uso di opportuni trattamenti.

<u>PFOS</u>

Ci sono delle possibilità limitate di sostituire il PFOS. Dove il PFOS deve essere utilizzato e/o dove non è possibile ridurne l'uso:
- monitorando l'aggiunta di materiali contenenti PFOS misurando la tensione superficiale;
- minimizzando l'emissione dei fumi usando, ove possibile, sezioni isolanti flottanti;
- cercando di chiudere il ciclo.

I PFOS possono essere sostituiti nei seguenti casi:
- in impianti di anodizzazione usando i tensioattivi senza PFOS;
- in altri processi usando processi senza PFOS;
- sigillando i processi delle linee automatizzate (usualmente destinate al trattamento di un solo prodotto specifico).

Cianuro
Non è possibile sostituire il cianuro in tutte le sue applicazioni; comunque la sgrassatura mediante cianuro non è MTD.
Dove il cianuro deve essere utilizzato sono da valutare le MTD che cercano di chiudere il ciclo .

Cianuro di Zinco
E' MTD sostituire, ove possibile, la soluzione di cianuro di zinco con:
- zinco acido per una efficienza energetica ottimale, minori emissioni e finitura decorativa più brillante;
- zinco alcalino senza cianuro dove la distribuzione dei metalli è importante.

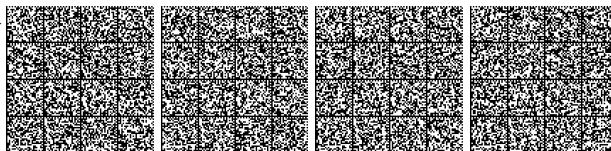
Cianuro di Rame
E' MTD sostituire, ove possibile, il cianuro di rame con acido o pirofosfato di rame, ad eccezione di:
- deposito di fondo su acciaio, su fusioni di zinco, alluminio e sue leghe;
- dove il deposito di fondo di rame sull'acciaio o altre superfici sarà seguito da un deposito di rame

Cadmio
E' MTD eseguire la cadmiatura in delimitate e separate aree con monitoraggio delle emissioni in acqua separato.

Cromo esavalente
Ci sono delle limitazioni generali nella sostituzione del cromo esavalente con il cromo trivalente, che non può essere usato in larga scala nel trattamento dell'acciaio per motivi economici e non può essere usato per la cromatura a spessore; l'anodizzazione con acido cromico ha un limitato utilizzo in ambiente aerospaziale e in applicazioni speciali

Cromatura decorativa
Per utilizzi decorativi le MTD per sostituire il cromo esavalente sono:
- uso di cromo trivalente, laddove sia necessaria una maggior resistenza alla corrosione si può procedere con una fase di passivazione;
- con tecniche senza cromo, come le leghe cobalto-stagno, dove è possibile.

Comunque i motivi per cui si continua ad usare cromo esavalente, dipendono, in gran parte, dalle richieste della committenza e dal colore, resistenza e durezza.
Le soluzioni per la deposizione del cromo esavalente richiedono notevoli investimenti e attrezzature specifiche (anodi) per cui la soluzione non può essere cambiata di lotto in lotto.
In ogni caso, per minimizzare le quantità di cromo esavalente è possibile usare tecniche di cromatura a freddo. Laddove esistano più linee di processo di cromo decorativo è consigliabile riconvertire una o più linee a cromo trivalente, mantenendo le altre a cromo esavalente.
Quando si cambia a cromo trivalente o altre soluzioni, è opportuno verificare l'interferenza degli agenti complessanti con il trattamento delle acque di scarico.

Cromatura esavalente
Quando si usa la deposizione al cromo esavalente le MTD sono:
- riduzione delle emissioni aeriformi mediante una o la combinazione delle seguenti tecniche:
  - copertura delle soluzioni durante le fasi di deposizione lunghe (cromatura dura o a spessore) o nei periodi non operativi

- usare estrazione dell'aria con condensazione delle nebbie nell'evaporatore per il recupero dei materiali. Le sostanze che interferiscono con il processo possono esser rimosse dal condensato prima di essere riutilizzato, o rimosse durante il mantenimento del bagno. Le acque di risulta vanno inviate al depuratore.
- nei nuovi impianti e dove i pezzi da lavorare sono sufficientemente uniformi (dimensionalmente) confinare le linee/vasche di trattamento

- operare con soluzioni di cromo esavalente in base a tecniche che portino alla ritenzione del CrVI nella soluzione di processo.

Passivazione cromica

La riduzione nell'uso della passivazione cromica (CrVI) è derivata dalle direttive sul Fine ciclo di vita utile del veicolo e RoHS (98,EC,2003, 99,EC,2000). Quando si discusse di questo BRef, il TWG riportò che le alternative erano nuove e che non erano state individuate delle MTD.
La passivazione trivalente può essere utilizzata ma questa richiede 10 volte la concentrazione di cromo e un maggiore quantitativo di energia. Non è possibile raggiungere una resistenza alla corrosione superiore a quella ottenuta con la passivazione marrone, verde oliva o nera dei sistemi a CrVI, senza rivestimenti aggiuntivi. Non è possibile la sostituzione della passivazione cromica (CrVI) con quella a CrIII per i bagni di ottonatura.

Finitura al cromato di fosforo

Ci sono delle MTD per sostituire il cromo esavalente con sistemi in cui non è presente (sistemi a base di zirconio e silani così come quelli a basso cromo).

4.2.2.6. Lucidatura e spazzolatura

Ci sono delle MTD, dove tecnicamente possibile e dove l'incremento di costo controbilancia la necessità di ridurre polveri e rumori, nelle quali è utilizzato rame acido in sostituzione della lucidatura e spazzolatura meccanica.Tali MTD non sono utilizzabili in Italia visti gli attuali limiti imposti sul rame.

4.2.2.7. Sostituzione e scelta della sgrassatura

I trattamentisti, che in particolare operano per conto terzi, non sono solitamente bene informati dai loro clienti sul tipo di olio o grasso che ricopre i pezzi.
La MTD consiste nel coordinarsi con il cliente o operatore del processo precedente al fine di:

- minimizzare la quantità di grasso o olio sul pezzo
- e/o selezionare olii/grassi o altre sostanze che consentano l'utilizzo di tecniche sgrassanti più eco compatibili.

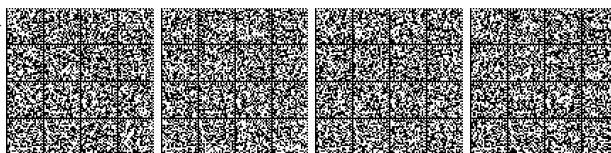
Ci sono delle MTD per rimuovere l'olio in eccesso che consistono nell'utilizzo di sistemi fisici quali centrifughe o getti d'aria. In alternativa per pezzi di alto pregio e/o altissima qualità e criticità, può essere utilizzata la pulitura a mano.

Sgrassatura con cianuro

È MTD rimpiazzare la sgrassatura con cianuro con altre tecniche.

Sgrassatura con solventi

La sgrassatura con solventi può essere rimpiazzata con altre tecniche (sgrassature con acqua, …). Ci possono essere delle motivazioni particolari a livello di installazione per cui usare la sgrassatura a solventi:

- dove un sistema a base acquosa può danneggiare la superficie da trattare
- dove si necessita di una particolare qualità

Sgrassatura con acqua
Le MTD riguardano la riduzione dell'uso di elementi chimici e energia nella sgrassatura a base acquosa usando sistemi a lunga vita con rigenerazione delle soluzioni e/o mantenimento in continuo (durante la produzione) oppure a impianto fermo (ad esempio nella manutenzione settimanale)..

Sgrassatura ad alta performance
Per elevati requisiti di pulitura e sgrassatura è MTD usare una combinazione di tecniche descritte nella sezione 4.9.14.9 del Final Draft, o tecniche specialistiche come la pulitura con ghiaccio secco o la sgrassatura a ultrasuoni.

4.2.2.8. Manutenzione delle soluzioni di sgrassaggio

Per ridurre l'uso di materiali e il consumo di energia è MTD usare una o una combinazione delle tecniche che estendono la vita delle soluzioni di sgrassaggio alcaline (filtrazione, separazione meccanica, separazione per gravità, rottura dell'emulsione per addizione chimica, separazione statica, rigenerazione di sgrassatura biologiche, centrifugazione, filtrazione a membrana,…)

4.2.2.9. Decapaggio e altre soluzioni con acidi forti – tecniche per estendere la vita delle soluzioni e recupero

Dove il consumo di acido per il decapaggio è alto, è MTD estendere la vita dell'acido usando la tecnica appropriata in relazione al tipo di decapaggio specifico, ove questa sia disponibile. Per il decapaggio elettrolitico è MTD utilizzare l'elettrolisi selettiva per rimuovere gli inquinanti metallici e ossidare alcuni composti organici.

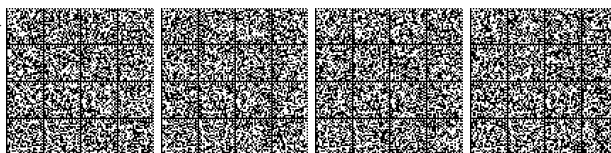
4.2.2.10. Recupero delle soluzioni di cromo esavalente

È MTD recuperare il cromo esavalente nelle soluzioni concentrate e costose come quelle del cromo nero contenente argento. Le tecniche usate normalmente nel settore sono: lo scambio ionico e le tecniche a membrana. Per le altre soluzioni il costo di produzione di nuovi bagni chimici è di solo 3-4 euro/litro, quindi dovranno esser verificati i benefici indiretti per procedere o meno al recupero

4.2.2.11. Trattamento in continuo

Oltre alle tecniche delle MTD generiche precedentemente descritte, esistono delle MTD specifiche per il trattamento in continuo e sono:

- uso del tempo reale nel processo di controllo per assicurare l'ottimizzazione costante del processo;
- uso dei motori ad efficienza energetica quando si rimpiazzano motori nei nuovi impianti, linee o installazioni;
- uso di rulli per prevenire il drag-out dalle soluzioni di processo o prevenire la diluizione delle soluzioni di processo per il drag-in di acqua di risciacquo;
- scambiare la polarità degli elettrodi nella sgrassatura elettrolitica e nei processi di decapaggio elettrolitico a intervalli regolari;
- minimizzare l'uso di olio (vedi Final Draft 4.14.16);
- ottimizzare la distanza tra anodo e catodo per i processi elettrolitici;
- ottimizzare la performance del rullo conduttore;
- usare edge polisher per rimuovere la produzione di metallo formatasi ai lati delle striscie;
- usare maschere quando si ricopre un solo lato.

4.3. ASPETTI AMBIENTALI NEL SETTORE DEL TRATTAMENTO SUPERFICIALE DELL'ALLUMINIO

4.3.1. La depurazione delle acque di scarico negli impianti di anodizzazione

Gli effluenti provenienti dagli impianti di anodizzazione contengono generalmente alcuni elementi (Al, Ni) in concentrazione superiore a quanto previsto dalla normativa di legge vigente in Italia, pertanto non possono essere scaricati prima di un adeguato trattamento di depurazione. Il procedimento non presenta particolari difficoltà, consistendo, essenzialmente, in una neutralizzazione degli scarichi con conseguente precipitazione e separazione degli inquinanti. Attualmente i principali sistemi di depurazione sono i seguenti:

- Depurazione chimico-fisica a decantazione
- Depurazione chimica con resine a scambio ionico

Il sistema *chimico-fisico* presenta i seguenti vantaggi rispetto ad un impianto a scambio ionico.

- Costo di impianto e di trattamento più bassi
- Più semplice conduzione
- Affidabilità e costanza nel tempo

Con questa tecnica, l'acqua proveniente dai lavaggi viene raccolta in una apposita vasca. Da questa vasca, nella quale avviene un dosaggio costante di soluzioni acide ed alcaline esauste, l'acqua viene inviata nella vasca di neutralizzazione, nella quale, sotto il controllo di una sonda di misura avviene l'aggiustamento del pH mediante richiamo automatico di soluzione di soda caustica o acido solforico.

L'acqua neutralizzata passa poi in una vasca di flocculazione dove avviene il dosaggio e la miscelazione del polielettrolita, che favorisce la flocculazione e la precipitazione delle sostanze solide presenti in sospensione.

La soluzione di polielettrolita necessaria viene inviata con una pompa dosatrice ad una concentrazione pari all'1÷2%.

Segue una vasca di decantazione nella quale le sostanze solide si depositano sul fondo e l'acqua depurata defluisce per troppo pieno dall'alto. L'acqua depurata può essere scaricata o parzialmente riciclata o subire un'ulteriore filtrazione finale in un filtro a doppio strato di sabbia e carbone attivo. Il fango accumulato sul fondo della vasca di decantazione viene inviato ad un filtro-pressa o a centrifuga per la separazione del solido dalla soluzione madre, che rientra nel ciclo di depurazione.

Il fango che si accumula sul fondo della vasca di decantazione possiede una percentuale in sostanza solida che va dall'1 al 3% (97÷99% di acqua). Per mezzo del filtro pressa la quantità di umidità può essere ridotta al 70÷75%. La quantità di fango filtropressato che si produce può variare notevolmente da un impianto all'altro, in quanto dipende soprattutto dai volumi di materiale satinato chimicamente.

I fanghi possono essere utilizzati dai cementifici e, eventualmente, anche dalle fabbriche di prodotti chimici per produrre solfato di alluminio.

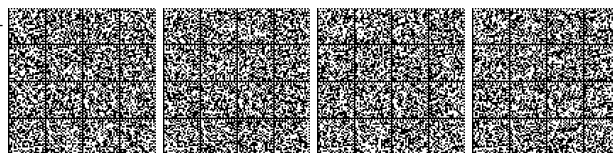
Essi sono pressoché neutri e non pericolosi.

L'essiccamento dei fanghi, quando possibile, riduce notevolmente il loro peso e volume, ed aumenta il tenore % di alluminio. In tal modo diventa meno oneroso il trasporto per un eventuale conferimento in discarica e più conveniente il loro recupero per produrre solfato di alluminio.

4.3.2. La depurazione dei fumi negli impianti di anodizzazione

Negli impianti di anodizzazione dell'alluminio, per mantenere gli ambienti salubri, è indispensabile corredare le vasche che producono esalazioni nocive con opportuni impianti di aspirazione che riducano al massimo la diffusione dei gas inquinanti nell'ambiente di lavoro.

I principali tipi di vapori che si formano sono i seguenti:

- Vapori contenenti sodio idrossido sopra le vasche dei trattamenti alcalini a caldo (decapaggio e satinatura chimica)
- Vapori acidi sulle vasche di anodizzazione

- Vapore acqueo sulle vasche di fissaggio a caldo

Per raggiungere condizioni ottimali è necessario installare anche sulla copertura della sala vasche appositi aspiratori da tetto che consentano il ricambio dell'aria nel reparto di lavorazione. L'impianto di aspirazione si compone delle seguenti parti essenziali:

- Cappe di aspirazione ai bordi delle vasche
- Canalizzazioni in materiale adeguato
- Aspiratori di tipo centrifugo ed adatti ai tipi di fumi da aspirare
- Soffianti d'aria nelle vasche dotate di sistema PUSH-PULL
- Connessioni di collegamento alle torri di abbattimento fumi

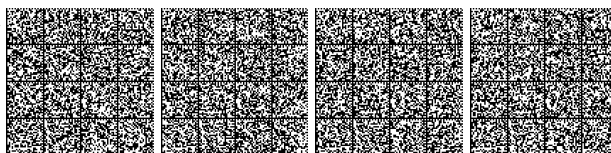
La depurazione dei gas provenienti dalle vasche di trattamento con esalazioni nocive ha luogo nelle torri di abbattimento. La depurazione avviene a umido attraverso una massa filtrante costituita da speciali anelli in materiale antiacido. Con questo sistema si ottiene un abbattimento pari a circa il 95% e l'aria inviata all'esterno non provoca praticamente alcun inquinamento atmosferico.
La torre di abbattimento è costituita da una struttura esterna autoportante realizzata in materiale plastico (PVC o similari). Internamente ad essa e sopra la vasca contenente la soluzione di lavaggio è sistemata, su appositi piani grigliati, la massa filtrante con una o più serie di nebulizzatori del liquido di lavaggio. Un separatore di gocce che funziona anche da filtro è posto sul piano grigliato superiore. La soluzione di lavaggio viene fatta circolare in continuo mediante una pompa speciale. Per l'abbattimento dei fumi alcalini è sufficiente impiegare acqua di rete. Per l'abbattimento e la neutralizzazione dei fumi acidi viene impiegata una soluzione di acqua e soda. Le soluzioni di lavaggio vengono scaricate periodicamente ed inviate all'impianto di depurazione.

4.3.3. Consumi energetici in un impianto di anodizzazione

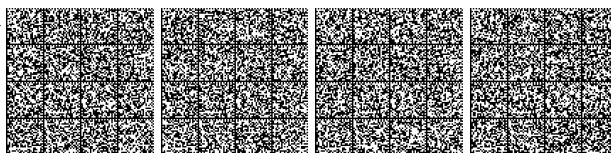
L'incidenza dell'energia assume particolare importanza negli impianti di anodizzazione che richiedono grosse quantità di energia elettrica o termica per i vari processi elettrochimici, per portare e mantenere i bagni alle varie temperature di esercizio, e per il funzionamento delle attrezzature accessorie.
Negli impianti di anodizzazione è necessario quindi avere a disposizione tre diverse forme di energia:

- Elettrica
- Frigorifera
- Termica

Ogni vasca di trattamento richiede per il suo funzionamento, la presenza di una o più di queste energie; esaminiamo meglio come si ripartiscono:

<u>Energia elettrica</u> – Per questa energia occorre fare una distinzione tra quella occorrente nei vari processi elettrochimici e quella invece necessaria per il funzionamento delle varie apparecchiature.
I processi in cui si richiede dell'energia elettrica nell'anodizzazione riguardano la fase di anodizzazione vera e propria e l'elettrocolorazione.
La quantità di energia richiesta dai due bagni è molto diversa da un caso all'altro; nel primo, che lavora in regime di corrente continua ad una tensione di circa 18 V, con una densità di corrente di 150 A/m^2 e per tempi variabili fino a circa 1 ora, si dissipa un'energia di circa 2500 Wh/m^2.
Il secondo invece lavora in condizioni di corrente alternata ad una tensione che può arrivare a circa 18 V, a seconda dell'intensità di colore, ad una densità di corrente inizialmente di 60÷70 A/m^2 per scendere dopo breve tempo intorno a 20÷30 A/m^2 e per tempi variabili, sempre secondo l'intensità del colore, fino ad un massimo di 15÷20 minuti. L'energia che si dissipa può raggiungere al massimo 300 Wh/m^2. A questi consumi in vasca occorre però aggiungere le perdite che si hanno nel raddrizzatore e nel trasformatore, i cui rendimenti non sono unitari ma in media pari, rispettivamente, a 0,87 e 0,97. I consumi precedenti diventano in totale pari a circa 3.300

Wh/m^2. A questi bisogna aggiungere l'energia elettrica richiesta dal gruppo frigo (pari a circa il 40% di quella che viene consumata nei bagni di anodizzazione) e di quella necessaria per i sistemi di aspirazione presenti sulle vasche (pari a circa il 50% di quella dei bagni di ossidazione). In definitiva in totale l'energia elettrica richiesta per il processo di anodizzazione è pari a circa 5.700 Wh/m^2.

Energia termica – Questa forma di energia è invece richiesta da tutti quei bagni che lavorano ad una temperatura maggiore di quella ambiente. Generalmente il calore viene ceduto da apposite serpentine disposte lungo le pareti laterali interne e/o sul fondo delle vasche, nelle quali può scorrere del vapore in pressione oppure dell'olio diatermico. Il fabbisogno energetico è determinato dalla necessità di portare i bagni alla temperatura di esercizio e da quella di reintegrare le continue perdite di calore che avvengono in condizioni di regime attraverso tutte le superfici della vasca.

Energia frigorifera – Questa energia è necessaria solo nei bagni di anodizzazione; ciò al fine di evitare un eccessivo innalzamento della temperatura che pregiudica la qualità dell'ossido anodico. Per termostatare il bagno è necessario disporre di un apparato refrigerante in grado di sottrarre l'energia termica in eccesso. Esso è costituito da uno scambiatore di calore che può essere sia interno che esterno al bagno, in cui come fluido refrigerante viene utilizzata dell'acqua.

4.4. MIGLIORI TECNICHE E TECNOLOGIE NEL SETTORE DEL TRATTAMENTO SUPERFICIALE DELL'ALLUMINIO

4.4.1. MTD di carattere generale

- Aggancio pezzi – Linee di aggancio e ganci tali da minimizzare gli spostamenti del materiale, la perdita di pezzi e da massimizzare l'efficienza produttiva
- Agitazione delle soluzioni di processo – Agitazione delle soluzioni di processo per assicurare il movimento delle soluzioni fresche sulle superfici del materiale
- Utilities in ingresso – energia e acqua – Registrazione e monitoraggio di tutte le utilities del tipo: gas, LPG ed altri combustibili, e dell'acqua. Il loro consumo deve essere conforme alle dimensioni dell'impianto e alla tipologia d'uso. La frequenza delle registrazioni dovrà essere in accordo con la relativa importanza della misura
- Tensione e corrente elettrica (solo per l'ossidazione anodica) – Minimizzazione delle perdite di energia reattiva per tutte le tre fasi fornite, mediante controlli annuali, per assicurare che il cos φ tra tensione e i picchi di corrente rimangano sempre sopra il valore 0,95 – Riduzione delle cadute di tensione tra i conduttori e i connettori tenendo una breve distanza tra i raddrizzatori e gli anodi, uso di acqua di raffreddamento quando l'aria di raffreddamento risulta insufficiente per mantenere fredde le barre anodiche – Uso di un singolo anodo di alimentazione per ottimizzare il circuito elettrico – Regolare manutenzione dei raddrizzatori e dei contatti (della barra anodica) del sistema elettrico – Installazione di moderni raddrizzatori con un migliore fattore di conversione rispetto a quello dei vecchi raddrizzatori – Uso di forme d'onda modificate per migliorare il deposito di metallo – Mantenimento della domanda di elettricità sotto la fascia contrattuale, manualmente o mediante sistemi di controllo, per assicurare che i picchi non superino i valori massimi – Funzionamento degli impianti nelle fasce orarie a minor costo
- Riscaldamento – Monitoraggio della temperatura e controllo entro gli intervalli prefissati per il processo – Monitoraggio in manuale o in automatico per evitare essiccamento delle vasche laddove vengano usati sistemi elettrici di riscaldamento immersi o integrati nelle vasche,
- Riduzione delle dispersioni di calore - Riduzione della quantità di aria estratta dalle soluzioni riscaldate (cfr. tabella al paragrafo§ 5.2.7 del BRef) – Una MTD deve evitare l'agitazione dell'aria delle soluzioni di processo scaldate – Ottimizzazione della composizione della soluzione di processo e dell'intervallo termico di lavoro per minimizzare l'energia richiesta per il riscaldamento (e il raffreddamento) delle soluzioni – Rappresenta una MTD una tecnica atta al recupero del calore – Isolamento con sfere galleggianti della parte superficiale delle soluzioni di processo riscaldate
- Raffreddamento – Non è MTD la tecnica che prevede di usare una sola volta l'acqua di raffreddamento, escluso il caso in cui ciò sia consentito dalle risorse locali di acqua – (35) Progettazione, ubicazione e manutenzione del circuito tali da prevenire la formazione e la trasmissione di legionella – É MTD l'uso di un sistema chiuso di raffreddamento, per i nuovi sistemi e per quelli che sostituiscono vecchi sistemi – É MTD l'uso dell'energia in eccesso proveniente dai processi di evaporazione delle soluzioni
- Risparmio d'acqua e di prodotti di consumo – Monitoraggio di tutti i punti dell'impianto in cui si usano acqua e prodotti di consumo e regolare registrazione (per esempio ogni ora, giornalmente, ad ogni turno, settimanalmente) a seconda dell'uso e delle informazioni di controllo richiesti. Le informazioni servono a tenere correttamente sotto controllo la gestione ambientale – Trattamento, utilizzazione e riciclo dell'acqua a seconda del livello qualitativo richiesto dall'attività ricevente – Uso, quando possibile, di prodotti chimici

compatibili tra una fase e la fase successiva del processo per evitare la necessità dei lavaggi tra una fase e l'altra

- Riduzione dei trascinamenti (drag-out) –Uso di tecniche che minimizzino il trascinamento dei prodotti presenti nelle soluzioni di processo, escluso il caso in cui il tempo di drenaggio può inficiare la qualità del trattamento
- Lavaggi –Riduzione dei consumi d'acqua e contenimento degli sversamenti dei prodotti di trattamento mantenendo la qualità dell'acqua nei valori previsti, mediante lavaggi multipli – Minimizzazione della quantità d'acqua usata nella fase di lavaggio, eccetto i casi in cui occorre diluire per bloccare la reazione superficiale in alcune fasi del processo (p.e. passivazione, decapaggio). Il valore di riferimento per il ricambio d'acqua è pari a 3÷20 litri/m2 –Massimizzazione del recupero dei drag-out dei lavaggi
- Recupero di metallo –Recupero dei metalli
- Rigenerazione e riutilizzo dell'acqua di lavaggio –Riutilizzo dell'acqua recuperata dai lavaggi mediante tecniche in grado di garantire un'idonea qualità dell'acqua recuperata

4.4.2. MTD per specifici processi

- Sostituzione e/o controllo di sostanze pericolose –L'uso di un prodotto meno pericoloso rappresenta una generica MTD
- Cromo e suoi composti –Gli strati di conversione chimica (cromica o fosfocromica) di colore che varia dal giallo chiaro per i cromati al verde per i fosfocromati, vengono prodotti sulle superfici di alluminio. L'uso principale avviene nel pretrattamento dell'alluminio prima della verniciatura con prodotti vernicianti in polvere
- Rivestimenti di conversione chimica (passivazione) –Sostituzione, ove possibile, dei rivestimenti a base di cromo esavalente con altri a base di cromo trivalente o esenti da cromo, usando, se necessario, un rivestimento addizionale
- Sostituzione e scelta dello sgrassante –Verifica col cliente o con chi effettua lavorazioni precedenti al trattamento superficiale della possibilità di ridurre la presenza di olio e/o unto o dell'utilizzo di prodotti asportabili con sgrassanti a minimo impatto ambientale
- Anodizzazione –Uso del calore delle soluzioni inutilizzate per riscaldare l'acqua usata per un nuovo processo di fissaggio –Recupero della soda caustica –Non è MTD per l'anodizzazione l'uso di lavaggi mediante acqua demineralizzata a circuito chiuso, in quanto i prodotti chimici rimossi hanno lo stesso impatto ambientale e sono di quantità uguale ai prodotti chimici richiesti per la rigenerazione

4.4.2.1. Emissioni in aria

- Aspiratori –Uso di aspiratori dalle seguenti soluzioni di processo: soluzioni acide, soluzioni fortemente alcaline, soluzioni a base di cromo esavalente, soluzioni contenenti nichel –Uso di tecniche atte a minimizzare i volumi di aria da trattare e da scaricare sulla base dei limiti imposti

4.4.2.2. Trattamento degli effluenti

- Minimizzazione dell'utilizzo di acqua nel processo –Identificazione, separazione e trattamento degli effluenti che possono presentare problemi se combinati con altri effluenti – Scarico di effluenti disturbanti in quantità limitate nell'impianto di depurazione delle acque e bilanciamento dei flussi e del trattamento in accordo alla sua capacità –Precipitazione degli elementi tali da consentire il rispetto dei limiti imposti per gli scarichi –Flocculazione dei metalli e ripristino pH in funzione della composizione degli effluenti –Rimozione dei solidi mediante precipitazione, o filtrazione –Monitoraggio e scarico

- Tecniche a scarico zero –Esistono tecniche basate su uno o più dei seguenti principi: termico, a membrana, a scambio ionico

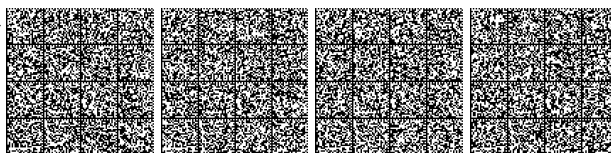
4.4.2.3. Residui

- Minimizzazione della produzione di residui mediante l'uso di tecniche di controllo sull'utilizzo e il consumo dei prodotti utilizzati nel processo –Separazione e identificazione dei residui prodotti durante il processo o nella fase di trattamento degli effluenti, per un loro eventuale recupero e riutilizzo

4.4.2.4. Rumore

- Identificazione delle sorgenti di rumore significative e dei limiti imposti dalle autorità locali. Riduzione dei rumori entro i limiti previsti mediante tecniche consolidate

4.4.2.5. Bonifica del Sito

- Segregazione dei materiali entro zone ben delimitate utilizzando cartelli di riferimento e descrizione di tecniche sulla prevenzione dai rischi di incidente –Assistenza all'impresa che conduce la bonifica –Uso delle conoscenze specifiche, per assistere l'impresa che conduce la bonifica del Sito, con la sospensione del lavoro e la rimozione dal sito degli impianti, delle costruzioni e dei residui.

5. MIGLIORI TECNICHE PER LA PREVENZIONE INTEGRATA DELL'INQUINAMENTO IN ITALIA

Nel presente capitolo vengono riportate le tecniche e le tecnologie da considerare quali MTD per la prevenzione dell'inquinamento in Italia.
I criteri per l'individuazione sono evidentemente gli stessi espressi nel BRef (vedi § 5) e basati sul concetto di tecnica "Migliore" e "Disponibile"; in particolare si è prestato più attenzione a quelle MTD che si sono maggiormente affermate e per la loro efficacia e per la loro diffusione.
L'elenco non si discosta sostanzialmente da quanto riportato dal BRef, ma si riscontrano diverse limitazioni all'applicazione di alcune MTD nel nostro Paese per i motivi che sono stati esposti nel paragrafo 5.1.2.2.

5.1. MIGLIORI TECNICHE DISPONIBILI NEL SETTORE GALVANICO

Le tabelle riportate nelle pagine seguenti riportano le MTD per il settore galvanico nel seguente modo:

- **tabella 9:** in questa tabella sono riportate tutte le MTD che si possono applicare in tutto il settore dei trattamenti superficiali;
- **tabella 10:** in questa tabella sono riportate tutte le MTD che si possono applicare specificatamente nel settore galvanico;
- **tabella 11:** in questa tabella sono riportate tutte le MTD che riguardano la gestione e l'utilizzazione delle sostanze pericolose;
- **tabella 12:** in questa tabella sono riportate tutte le MTD che si possono applicare a seconda del tipo di processo e/o materiale impiegato.

n.	Argomento	MTD - breve descrizione	Note
Generali			
	Tecniche di gestione		
1	Gestione ambientale	**1.Implementazione di un sistema di gestione ambientale (SGA);** ciò implica lo svolgimento delle seguenti attività: -definire una politica ambientale -pianificare e stabilire le procedure necessarie -implementare le procedure -controllare le performance e prevedere azioni correttive -revisione da parte del management e si possono presentare le seguenti opportunità: -avere un sistema di gestione ambientale e le procedure di controllo esaminate e validate da un ente di certificazione esterno accreditato o un auditor esterno -preparare e pubblicare un rapporto ambientale -implementare e aderire a EMAS	- E' MTD implementare un SGA; non è necessario sia certificato, ma appare indispensabile per la applicazione corretta della IPPC - La legge italiana prevede AIA con durata di sei anni per chi aderisce è certificato ISO 14001 - La legge italiana prevede AIA con durata di otto anni per chi aderisce a EMAS
2	Benchmarking	**1. Stabilire dei benchmarks o valori di riferimento** (interni o esterni) per monitorare le performance degli impianti (sopratutto per uso di energia, di acqua e di materie prime) **2. Cercare continuamente di migliorare l'uso degli inputs rispetto ai benchmarks.** **3. Analisi e verifica dei dati,** attuazione di eventuali meccanismi di retroazione e ridefinizione degli obiettivi	- i benchmarks esterni non sono attualmente disponibili (vd capitolo 7.6.3.2) - mediante utilizzo SGA
3	Manutenzione e stoccaggio	**1. Implementare programmi di manutenzione e stoccaggio** **2. Formazione dei lavoratori e azioni preventive per minimizzare i rischi ambientali specifici del settore**	- Mediante utilizzo SGA – Incentivare la formazione

Generali			
4	Minimizzazione degli effetti della rilavorazione	**1.Minimizzare gli impatti ambientali dovuti alla rilavorazione** significa: -cercare il miglioramento continuo della efficienza produttiva, riducendo gli scarti di produzione; -coordinare le azioni di miglioramento tra committente e operatore del trattamento affinchè, già in fase di progettazione e costruzione del bene da trattare, si tengano in conto le esigenze di una produzione efficiente e a basso impatto ambientale.	- Azioni volontarie della impresa di trattamenti congiunte a quelle delle aziende Committenti.
5	Ottimizzazione e controllo della produzione	**1.Calcolare input e output** che teoricamente si possono ottenere con diverse opzioni di "lavorazione" confrontandoli con le rese che si ottengono con la metodologia in uso	
6	**Progettazione, costruzione, funzionamento delle installazioni**		
	Implementazione piani di azione	**1.Implementazione di piani di azione;** per la prevenzione dell'inquinamento la gestione delle sostanze pericolose comporta le seguenti attenzioni, di particolare importanza per le nuove installazioni: -dimensionare l'area in maniera sufficiente -pavimentare le aree a rischio con materiali appropriati -assicurare la stabilità delle linee di processo e dei componenti (anche delle strumentazioni di uso non comune o temporaneo) -assicurarsi che le taniche di stoccaggio di materiali/sostanze pericolose abbiano un doppio rivestimento o siano all'interno di aree pavimentate -assicurarsi che le vasche nelle linee di processo siano all'interno di aree pavimentate -assicurarsi che i serbatoi di emergenza siano sufficienti, con capacità pari ad almeno il volume totale delle vasca più capiente dell'impianto -prevedere ispezioni regolari e programmi di controllo in accordo con SGA -predisporre piani di emergenza per i potenziali incidenti adeguati alla dimensione e localizzazione del sito	
7	Stoccaggio delle sostanze chimiche e dei componenti	**1. Evitare che si formi gas di cianuro libero stoccando acidi e cianuri separatamente;** **2. Stoccare acidi e alcali separatamente;** **3. Ridurre il rischio di incendi** stoccando sostanze chimiche infiammabili e agenti ossidanti separatamente; **4. Ridurre il rischio di incendi** stoccando in ambienti asciutti le sostanze chimiche, che sono spontaneamente combustibili in ambienti umidi, e separatamente dagli agenti ossidanti. Segnalare la zona dello stoccaggio di queste sostanze per evitare che si usi l'acqua nel caso di spegnimento di incendi; **5. Evitare l'inquinamento di suolo e acqua dalla perdita di sostanze chimiche;** **6. Evitare o prevenire la corrosione** delle vasche di stoccaggio, delle condutture, del sistema di distribuzione, del sistema di aspirazione	1 - Personale che maneggia la sostanza cianurata munito di patentino di cui a decreto regio n.147 del 9.1.1927. Deposito separato dei Cianuri autorizzato.Tenuta del Registro di carico e scarico dei Cianuri.

Generali			
		7. Ridurre il tempo di stoccaggio, ove possibile **8. Stoccare in aree pavimentate**	
8	**Dismissione del sito per la protezione delle falde**		
	Protezione delle falde acquifere e dismissione del sito	**1.La dismissione del sito e la protezione delle falde acquifere** comporta le seguenti attenzioni: -tenere conto degli impatti ambientali derivanti dall'eventuale dismissione dell'installazione fin dalla fase di progettazione modulare dell'impianto -identificare le sostanze pericolose e classificare i potenziali pericoli -identificare i ruoli e le responsabilità delle persone coinvolte nelle procedure da attuarsi in caso di incidenti -prevedere la formazione del personale sulle tematiche ambientali -registrare la storia (luogo di utilizzo e luogo di immagazzinamento) dei più pericolosi elementi chimici nell'installazione[1] -aggiornare annualmente le informazioni come previsto nel SGA[2]	[1]si veda capitolo 7.8 [2]si veda capitolo 7.8
9	**Consumo delle risorse primarie**		
	Elettricità (alto voltaggio e alta domanda di corrente)	1. **minimizzare le perdite di energia reattiva** per tutte e tre le fasi fornite, mediante controlli annuali, per assicurare che il cosφ tra tensione e picchi di corrente rimangano sopra il valore 0.95 **2. tenere le barre di conduzione con sezione sufficiente ad evitare il surriscaldamento** **3. evitare l'alimentazione degli anodi in serie** **4. installare moderni raddrizzatori con un miglior fattore di conversione rispetto a quelli di vecchio tipo** **5. aumentare la conduttività delle soluzioni ottimizzando i parametri di processo** **6. rilevazione dell'energia impiegata nei processi elettrolitici**	6 - Incentivo in Italia alla rilevazione esatta della energia elettrica qualificata come materia prima in processi elettrolitici mediante contatori UTF dedicati. L'azienda può avvantaggiarsi di una parziale defiscalizzazione che consente il parziale recupero delle spese di impianto. L'impianto di rilevazione diviene uno strumento di monitoraggio del consumo energetico di processo per il benchmarking.

Generali			
10	energia termica	**1. usare una o più delle seguenti tecniche: acqua calda ad alta pressione, acqua calda non pressurizzata, fluidi termici - olii, resistenze elettriche ad immersione** **2. prevenire gli incendi monitorando la vasca in caso di uso di resistenze elettriche ad immersione o metodi di riscaldamento diretti applicati alla vasca**	
11	riduzione delle perdite di calore	**1. ridurre le perdite di calore** facendo attenzione ad estrarre l'aria dove serve **2. ottimizzare la composizione delle soluzioni di processo** e il range di temperatura di lavoro. **3. monitorare la temperatura** di processo e controllare che sia all'interno dei range designati **4. isolare le vasche** usando un doppio rivestimento, usando vasche pre-isolate e/o applicando delle coibentazioni **5. non usare l'agitazione dell'aria ad alta pressione** in soluzioni di processo calde dove l'evaporazione causa l'incremento della domanda di energia.	1 - vedasi tabelle 6 e 7 pag 112-113
12	Raffreddamento	**1. prevenire il sovraraffreddamento** ottimizzando la composizione della soluzione di processo e il range di temperatura a cui lavorare. **2. monitorare la temperatura di processo** e controllare che sia all'interno dei range designati **3. usare sistemi di raffreddamento refrigerati chiusi** qualora si installi un nuovo sistema refrigerante o si sostituisca uno esistente **4. rimuovere l'eccesso di energia dalle soluzioni** di processo per evaporazione dove possibile **5. progettare, posizionare, mantenere sistemi di raffreddamento aperti** per prevenire la formazione e trasmissione della legionella. **6. non usare acqua corrente nei sistemi di raffreddamento** a meno che l'acqua venga riutilizzata o le risorse idriche non lo permettano.	

Tabella 9– MTD generali

Settoriali			
	Recupero dei materiali e gestione degli scarti		
13	Prevenzione e riduzione	**1. ridurre e gestire il drag-out** **2. aumentare il recupero del drag-out** **3. monitorare le concentrazioni di sostanze**, registrando e confrontando gli utilizzi delle stesse, fornendo ai tecnici responsabili i dati per ottimizzare le soluzioni di processo (con analisi statistica e dove possibile dosaggio automatico).	Per questo settore un punto di particolare importanza riguarda il recupero dei metalli dai fanghi. Questi possono essere recuperati fuori produzione ma con limitazioni dovute alle variazioni del va lore di mercato degli stessi e dalla presenza di impianti di trattamento fanghi. In Italia non ne sono presenti
14	Riutilizzo	**laddove i metalli sono recuperati in condizioni ottimali questi possono essere riutilizzati all'interno dello stesso ciclo produttivo. Nel caso in cui non siano idonei per l'applicazione elettrolitica possono essere riutilizzati in altri settori per la produzione di leghe**	
15	Recupero delle soluzioni	**1. cercare di chiudere il ciclo dei materiali** in caso della cromatura esavalente a spessore e della cadmiatura **2. recuperare dal primo lavaggio chiuso (recupero) le soluzioni da integrare al bagno di provenienza**, ove possibile, cioè senza portare ad aumenti indesiderati della concentrazione che compromettano la qualità della produzione	
16	Resa dei diversi elettrodi	**1. cercare di controllare l'aumento di concentrazione** mediante dissoluzione esterna del metallo, con l'elettrodeposizione utilizzante anodo inerte **2. cercare di controllare l'aumento di concentrazione** mediante sostituzione di alcuni anodi solubili con anodi a membrana aventi un separato circuito di controllo delle extra correnti. Gli anodi a membrana sono delicati e non è consigliabile usarli in aziende di trattamento terziste	1 - per processi di dissoluzione dello zinco alcalino senza cianuro
	Emissioni in aria		
17	Emissioni in aria	Dal punto di vista ambientale non risultano normalmente rilevanti le emissioni aeriformi. Si vedano le tabelle 6 e 7 pag 112-113 per verificare quando si rende necessaria l'estrazione delle emissioni per contemperare le esigenze ambientali e quelle di salubrità del luogo di lavoro.	L'industria galvanica non presenta in genere problematiche legate a COV

Settoriali			
	Rumore		
18	Rumore	**1. identificare le principali fonti di rumore e i potenziali soggetti sensibili**. **2. ridurre il rumore** mediante appropriate tecniche di controllo e misura	1 - attenzione in caso di: pulitura mediante ghiaccio secco e movimentazione di massa di materiale (carico/scarico dei rotobarili)
	Agitazione delle soluzioni di processo		
19	agitazione delle soluzioni di processo per assicurare il ricambio della soluzione all'interfaccia	**1. agitazione meccanica** dei pezzi da trattare (impianti a telaio) **2. agitazione mediante turbolenza idraulica** **3. E' tollerato l'uso di sistemi di agitazione ad aria a bassa pressione** che è invece da evitarsi per: soluzioni molto calde e soluzioni con cianuro **4. non usare agitazione attraverso aria ad alta pressione** per il grande consumo di energia.	1 - NUOVI IMPIANTI : vedi capitolo 7.5 tecnica sulla Movimentazione Triassiale per processi di trattamento superficiali 2 – Utile specie laddove la soluzione necessita di operazioni di filtrazione , il circuito di turbolenza può quindi essere dotato di by-pass esterno collegato all'apparato filtrante (vedi più oltre mantenimento delle soluzioni di processo punto 20) 3 - la dissipazione di calore diventa molto utile quando si ha a che fare con processi che si autoriscaldano come ad esempio la cromatura dura o a spessore. I sistemi di agitazione a bassa pressione d'aria permettono una efficace regolazione della temperatura

Settoriali			
	Minimizzazione dell'acqua e del materiale di scarto		
20	Minimizzazione dell'acqua di processo	**1. monitorare tutti gli utilizzi dell'acqua** e delle materie prime nelle installazioni, **2. registrare le informazioni con base regolare** a seconda del tipo di utilizzo e delle informazioni di controllo richieste. **3. trattare, usare e riciclare l'acqua** a seconda della qualità richiesta dai sistemi di utilizzo e delle attività a valle **4. evitare la necessità di lavaggio** tra fasi sequenziali compatibili	A causa dei limiti imposti in Italia nelle acque di scarico alla concentrazione di: boro, fluoruri, solfati, cloruri e tensioattivi non è sempre possibile ridurre, oltre un certo valore, il consumo di acqua a causa dell'arricchimento ad ogni riciclo di parametri non depurabili 3 - vedi capitolo 7.2
21	riduzione della viscosità	**1. ridurre la concentrazione delle sostanze chimiche o usare i processi a bassa concentrazione** **2. aggiungere tensioattivi** **3. assicurarsi che il processo chimico non superi i valori ottimali** **4. ottimizzare la temperatura a seconda della gamma di processi e della conduttività richiesta**	
22	riduzione del drag in	**1. utilizzare una vasca eco-rinse**, nel caso di nuove linee o "estensioni" delle linee **2. non usare vasche eco-rinse qualora causi problemi al trattamento successivo**, negli impianti a giostra, nel coil coating o reel-to reel line, attacco chimico o sgrassatura, nelle linee di nichelatura per problemi di qualità, nei procedimenti di anodizzazione	1 - scarsa applicabilità in impianti soggetti alla IPPC (sopra i 30 mc) 2 - estremamente limitata la tecnica eco-rinse che oltretutto tende alla moltiplicazione delle vasche contenenti chemicals
23	riduzione del drag out per tutti gli impianti	**1. usare tecniche di riduzione del drag-out dove possibile** **2. uso di sostanze chimiche compatibili al rilancio dell'acqua per utilizzo da un lavaggio all'altro** **3. estrazione lenta del pezzo o del rotobarile** **4. utilizzare un tempo di drenaggio sufficiente** **5. ridurre la concentrazione della soluzione di processo ove questo sia possibile e conveniente**	2 - vedi capitolo 7.2

Settoriali			
24	lavaggio	**1. ridurre il consumo di acqua e contenere gli sversamenti** dei prodotti di trattamento mantenendo la qualità dell'acqua nei valori previsti mediante lavaggi multipli	1 - A causa dei limiti imposti in Italia nelle acque di scarico alla concentrazione di: boro, fluoruri, solfati, cloruri e tensioattivi non è sempre possibile ridurre, oltre un certo valore, il consumo di acqua a causa dell'arricchimento ad ogni riciclo di parametri non depurabili
		2 tecniche per recuperare materiali di processo facendo rientrare l'acqua dei primi risciacqui nelle soluzioni di processo.	2 - Senza portare ad aumenti indesiderati della concentrazione che compromettano la qualità della produzione
	Mantenimento delle soluzioni di processo		
25	mantenimento delle soluzioni di processo	**1 aumentare la vita utile dei bagni di processo**, avendo riguardo alla qualità del prodotto, **2. determinare i parametri critici di controllo** **3 mantenere i parametri entro limiti accettabili** utilizzando le tecniche di rimozione dei contaminanti (elettrolisi selettiva, membrane, resine a scambio ionico,…)	
	Emissioni: acque di scarico		
26	Minimizzazione dei flussi e dei materiali da trattare	**1. minimizzare l'uso dell'acqua in tutti i processi.** **2. eliminare o minimizzare l'uso e lo spreco di materiali, particolarmente delle sostanze principali del processo.** **3. sostituire ove possibile ed economicamente praticabile o altrimenti controllare l'utilizzo di sostanze pericolose**	
27	Prove, identificazione e separazione dei flussi problematici	**1. verificare, quando si cambia il tipo di sostanze chimiche in soluzione e prima di usarle nel processo, il loro impatto sui pre-esistenti sistemi di trattamento degli scarichi .** **2. rifiutare le soluzioni con i nuovi prodotti chimici, se questi test evidenziano dei problemi** **3. cambiare sistema di trattamento delle acque, se questi test evidenziano dei problemi** **4. identificare, separare e trattare i flussi che possono rivelarsi problematici se combinati con altri flussi** come: olii e grassi; cianuri; nitriti; cromati (CrVI); agenti complessanti; cadmio (nota: è MTD utilizzare il ciclo chiuso per la cadmiatura).	

Settoriali			
28	Scarico delle acque reflue	**1. per una installazione specifica i livelli di concentrazione devono essere considerati congiuntamente con i carichi emessi (valori di emissione per i singoli elementi rispetto a INES (kg/anno)** **2. le MTD possono essere ottimizzate per un parametro** ma queste potrebbero risultare non ottime per altri parametri (come la flocculazione del deposito di specifici metalli nelle acque di trattamento). Questo significa che i valori più bassi dei range potrebbero non essere raggiunti per tutti i parametri. In siti specifici o per sostanze specifiche potrebbero essere richieste alternative tecniche di trattamento. **3. considerare la tipologia del materiale trattato** e le conseguenti dimensioni impiantistiche nel valutare l'effettivo fabbisogno idrico ed il conseguente scarico	A causa dei limiti imposti in Italia nelle acque di scarico alla concentrazione di: boro, fluoruri, solfati, cloruri e tensioattivi non è sempre possibile ridurre, oltre un certo valore, il consumo di acqua a causa dell'arricchimento ad ogni riciclo di parametri non depurabili 2 - Ottimizzare rispetto ai parametri più rilevanti in base alle lavorazioni effettuate dall'impresa in concreto.
29	Tecnica a scarico zero	**Queste tecniche generalmente non sono considerate MTD per via dell'elevato fabbisogno energetico e del fatto che producono scorie di difficile trattamento.** Inoltre richiedono ingenti capitali ed elevati costi di servizio. Vengono usate solo in casi particolari e per fattori locali.	A causa dei limiti imposti in Italia nelle acque di scarico alla concentrazione di: boro, fluoruri, solfati, cloruri e tensioattivi non è sempre possibile ridurre, oltre un certo valore, il consumo di acqua a causa dell'arricchimento ad ogni riciclo di parametri non depurabili
	Tecniche per specifiche tipologie di impianto		
30	Impianti a telaio	**1. Preparare i telai in modo da minimizzare le perdite di pezzi** e in modo da massimizzare l'efficiente conduzione della corrente.	

Settoriali			
31	riduzione del drag-out in impianti a telaio	**1. ottimizzare il posizionamento dei pezzi in modo da ridurre il fenomeno di scodellamento** **2. massimizzazione del tempo di sgocciolamento**. Questo può essere limitato da: tipo di soluzioni usate; qualità richiesta (tempi di drenaggio troppo lunghi possono causare una asciugatura od un danneggiamento del substrato creando problemi qualitativi nella fase di trattamento successiva); tempo di ciclo disponibile/attuabile nei processi automatizzati **3. ispezione e manutenzione regolare dei telai** verificando che non vi siano fessure e che il loro rivestimento conservi le proprietà idrofobiche **4. accordo con il cliente per produrre pezzi disegnati** in modo da non intrappolare le soluzioni di processo e/o prevedere fori di scolo **5. sistemi di ritorno in vasca delle soluzioni scolate** **6. lavaggio a spruzzo, a nebbia o ad aria** in maniera da trattenere l'eccesso di soluzione nella vasca di provenienza. Questo può essere limitato dal: tipo di soluzione; qualità richiesta; tipo di impianto	5 - senza portare ad aumenti indesiderati della concentrazione che compromettano la qualità della produzione 6 - L'inserimento dei lavaggi a spruzzo negli impianti esistenti può non essere fattibile
32	riduzione del drag-out in impianti a rotobarile	**1. costruire il rotobarile in plastica idrofobica liscia**, ispezionarlo regolarmente controllando le aree abrase, danneggiate o i rigonfiamenti che possono trattenere le soluzioni **2. assicurarsi che i fori di drenaggio abbiano una sufficiente sezione in rapporto allo spessore della piastra per ridurre gli effetti di capillarità** **3. massimizzare la presenza di fori nel rotobarile, compatibilmente con la resistenza meccanica richiesta e con i pezzi da trattare** **4. sostituire i fori con le mesh-plugs sebbene questo sia sconsigliato per pezzi pesanti e laddove i costi e le operazioni di manutenzione possano essere controproducenti** **5. estrarre lentamente il rotobarile** **6. ruotare a intermittenza il rotobarile se i risultati dimostrano maggiore efficienza** **7. prevedere canali di scolo che riportano le soluzioni in vasca** **8. inclinare il rotobarile quando possibile**	2 - vedi tabella del capitolo 7.4 7 - Senza portare ad aumenti indesiderati della concentrazione che compromettano la qualità della produzione 8 - questa tecnica si applica per i cesti di verniciatura e nelle operazioni di centrifugazione
33	riduzione del drag-out in linee manuali	**1. sostenere il rotobarile o i telai in scaffalature** sopra ciascuna attività per assicurare il corretto drenaggio ed incrementare l'efficienza del risciacquo spray **2 incrementare il livello di recupero del drag-out usando altre tecniche descritte**	

Tabella 10– MTD settoriali

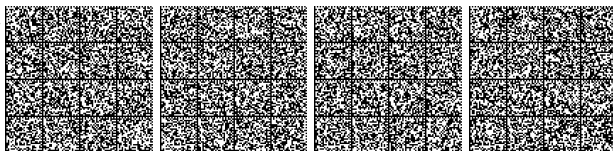
Sostituzione e/o controllo di sostanze pericolose			
34	Sostituzione dell'EDTA	**1. evitare l'uso di EDTA e di altri agenti chelanti mediante utilizzo di sostituti biodegradabili come quelli a base di gluconato o usando metodi alternativi** **2. minimizzare il rilascio di EDTA mediante tecniche di conservazione** **3. assicurarsi che non vi sia EDTA nelle acque di scarico mediante l'uso di opportuni trattamenti** **4. nel campo dei circuiti stampati utilizzare metodi alternativi come il ricoprimento diretto**	
35	Sostituzione del PFOS	**1. monitorare l'aggiunta di materiali contenenti PFOS misurando la tensione superficiale** **2. minimizzare l'emissione dei fumi usando, ove necessiti, sezioni isolanti flottanti** **3. cercare di chiudere il ciclo**	1 – I PFOS sono oggetto di una azione comunitaria per la riduzione del rischio. In ogni caso nel settore trattamenti il loro utilizzo è minimale e connesso alla sicurezza sul luogo di lavoro 2 - L'uso di elementi flottanti sferoidali o di altre forme è limitato dalla forma dei pezzi che vengono immersi ed estratti dalla soluzione e dalla frequenza di immersione/ estrazione. Si possono causare dispersioni nell'am-biente di lavoro degli elementi flottanti contaminati. 3 - La chiusura del ciclo va affrontata per singola fase produttiva , il concetto non è espresso in termini di ciclo chiuso ma di un ciclo che tende a chiudersi al massimo consentito dalla tecnologia. Questo avviene di rado in quanto sostanze che vengono sottratte all'acqua di lavaggio non sono di norma riutilizzabili nellla fase di provenienza e danno luogo ad eluati concentrati di difficile smaltimento.Vanno inoltre considerati gli impegni di energia e di materiali che divengono spesso controproducenti a livello ambientale rispetto al risultato ottenibile.

Sostituzione e/o controllo di sostanze pericolose			
36	Sostiuzione del Cadmio	**1. eseguire la cadmiatura in ciclo chiuso**	Data la pericolosità del Cadmio, dato il limite applicato agli scarichi in Italia è consigliabile la chiusura del ciclo per il Cadmio al di là delle considerazioni di economicità su cui si fonda l'applicazione delle MTD. L'utilizzo della cadmiatura è limitato a richieste su specifiche militari ed aeronautiche.
37	Sostituione del cromo esavalente	**1. sostituire, ove possibile, o ridurre, le concentrazioni di impiego del cromo esavalente** avendo riguardo delle richieste della committenza	Vedasi più avanti nella tabella riguardo alle MTD sulle lavorazioni specifiche
38	Sostituzione del cianuro di zinco	**1. sostituire, ove possibile, la soluzione di cianuro di zinco con: zinco acido o zinco alcalino**	
39	Sostituizione del cianuro di rame	**1. sostituire, ove possibile, il cianuro di rame con acido o pirofosfato di rame**	

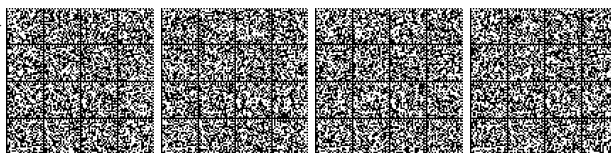
Tabella 11– MTD sostituzione e/o controllo di sostanze pericolose

Lavorazioni specifiche			
	Sostituzione di determinate sostanze nelle lavorazioni		
40	Cromatura esavalente a spessore o cromatura dura	**1. riduzione delle emissioni aeriformi tramite:** - copertura della soluzione durante le fasi di deposizione o nei periodi non operativi; - utilizzo dell' estrazione dell'aria con condensazione delle nebbie nell'evaporatore per il recupero dei materiali; - confinamento delle linee/vasche di trattamento, nei nuovi impianti e dove i pezzi da lavorare sono sufficientemente uniformi (dimensionalmente). **2. operare con soluzioni di cromo esavalente** in base a tecniche che portino alla ritenzione del CrVI nella soluzione di processo.	
41	Cromatura decorativa	**1. sostituzione dei rivestimenti a base di cromo esavalente con altri a base di cromo trivalente** in almeno una linea produttiva se vi sono più linee produttive. Le sostituzioni si possono effettuare con: 1.a cromo trivalente ai cloruri 1.b cromo trivalente ai solfati **2. verificare l'applicabilità di rivestimenti alternativi al cromo esavalente** **3. usare tecniche di cromatura a freddo**, riducendo la concentrazione della soluzione cromica, ove possibile	1.a - in Italia la tecnica può incontrare delle difficoltà nell'applicazione per i limiti di emissione dei cloruri nelle acque reflue 1.b - in Italia la tecnica può incontrare delle difficoltà nell'applicazione per i limiti di emissione dei solfati e del boro nelle acque reflue. vd capitolo 7.1.3 2 - vedi capitolo 7.1.2 3 - vedi capitolo 7.1.1
42	Finitura al cromato di fosforo	**1. sostituire il cromo esavalente** con sistemi in cui non è presente (sistemi a base di zirconio e silani così come quelli a basso cromo).	
	Lucidatura e spazzolatura		
43	Lucidatura e spazzolatura	**1. Usare rame acido** in sostituzione della lucidatura e spazzolatura meccanica, dove tecnicamente possibile e dove l'incremento di costo controbilancia la necessità di ridurre polveri e rumori	Eccezione fatta per l'Italia visti gli attuali limiti imposti sul rame.

Lavorazioni specifiche			
	Sostituzione e scelta della sgrassatura		
44	Sostituzione e scelta della sgrassatura	**1. coordinarsi con il cliente o operatore del processo precedente** per minimizzare la quantità di grasso o olio sul pezzo e/o selezionare olii/grassi o altre sostanze che consentano l'utilizzo di tecniche sgrassanti più eco compatibili. **2. utilizzare la pulitura a mano per pezzi di alto pregio e/o altissima qualità e criticità**	
45	Sgrassatura con cianuro	**1. Rimpiazzare la sgrassatura con cianuro con altre tecniche**	1- In Italia si è esteso sempre più l'utilizzo di fasi di decapaggio elettrolitico sequenziali per sostituire sgrassature alcaline ai cianuri con effetti incrociati notevoli (vedasi : tecniche di rilancio delle acque di lavaggio, tecniche di allungamento della vita utile della soluzione decapante/sgrassante)
46	Sgrassatura con solventi	**1. La sgrassatura con solventi può essere rimpiazzato con altre tecniche**. (sgrassature con acqua, …). Ci possono essere delle motivazioni particolari a livello di installazione per cui usare la sgrassatura a solventi: -dove un sistema a base acquosa può danneggiare la superficie da trattare; -dove si necessita di una particolare qualità.	Eventualmente vedere BRef su STS
47	Sgrassatura con acqua	**1. Riduzione dell'uso di elementi chimici e energia nella sgrassatura a base acquosa** usando sistemi a lunga vita con rigenerazione delle soluzioni e/o mantenimento in continuo (durante la produzione) oppure a impianto fermo (ad esempio nella manutenzione settimanale)	

Lavorazioni specifiche			
48	Sgrassatura ad alta performance	**1. Usare una combinazione di tecniche** descritte nella sezione 4.9.14.9 del Final Draft, o tecniche specialistiche come la pulitura con ghiaccio secco o la sgrassatura a ultrasuoni.	Vengono usate in casi specifici dove sono necessari elevati requisiti di pulitura. Per la pulitura a ghiaccio secco tenere conto della problematica legata al rumore
	Manutenzione delle soluzioni di sgrassaggio		
49	Manutenzione delle soluzioni di sgrassaggio	**1.Usare una o una combinazione** delle tecniche che estendono la vita delle soluzioni di sgrassaggio alcaline (filtrazione, separazione meccanica, separazione per gravità, rottura dell'emulsione per addizione chimica, separazione statica, rigenerazione di sgrassatura biologiche, centrifugazione, filtrazione a membrana,…)	
	Decapaggio e altre soluzioni con acidi forti - tecniche per estendere la vita delle soluzioni e recupero		
50	decapaggio e altre soluzioni con acidi forti - tecniche per estendere la vita delle soluzioni e recupero	**1. estendere la vita dell'acido** usando la tecnica appropriata in relazione al tipo di decapaggio specifico, ove questa sia disponibile. **2. utilizzare l'elettrolisi selettiva** per rimuovere gli inquinanti metallici e ossidare alcuni composti organici per il decapaggio elettrolitico	
	Recupero delle soluzioni di cromo esavalente		
51	Recupero delle soluzioni di cromo esavalente	**1. Recuperare il cromo esavalente** nelle soluzioni concentrate e costose mediante scambio ionico e tecniche a membrana.	Utilizzo ove conveniente di concentratori o evaporatori prima del passaggio alle resine

Lavorazioni specifiche			
	Lavorazioni in continuo		
52	Lavorazioni in continuo	**1. usare il controllo in tempo reale della produzione per l'ottimizzazione costante del processo** **2. ridurre la caduta del voltaggio tra i conduttori e i connettori** **3. usare forme di onda modificata (pulsanti ,..)** per migliorare il deposito di metallo nei processi in cui sia tecnicamente dimostrata l'utilità o scambiare la polarità degli elettrodi a intervalli prestabiliti ove ciò sia sperimentato come utile **4. utilizzare motori ad alta efficienza energetica** **5. utilizzare rulli per prevenire il drag-out dalle soluzioni di processo** **6. minimizzare l'uso di olio** **7. ottimizzare la distanza tra anodo e catodo nei processi elettrolitici** **8. ottimizzare la performance del rullo conduttore** **9. usare metodi di pulitura laterale dei bordi per eliminare eccessi di deposizione** **10. mascherare il lato eventualmente da non rivestire**	

Tabella 12– MTD lavorazioni specifiche

5.2. MIGLIORI TECNICHE DISPONIBILI NELL'OSSIDAZIONE ANODICA E NEI PRETRATTAMENTI ALLA VERNICIATURA

ARGOMENTO	ATTIVITÀ INTERESSATA		MTD - BREVE DESCRIZIONE	NOTE
	Anodizzazione	Pre-trattamento alla verniciatura		
Agitazione delle soluzioni di processo	*		• Agitazione delle soluzioni di processo per assicurare il movimento delle soluzioni fresche sulle superfici del materiale	
Utilities in ingresso – energia e acqua	*	*	• Monitorare le utilities	
Elettricità (solo per l'ossidazione anodica)	*		• Minimizzazione delle perdite di energia reattiva per tutte le tre fasi fornite, mediante controlli annuali, per assicurare che il cos φ tra tensione e i picchi di corrente rimangano sempre sopra il valore 0,95 • Riduzione delle cadute di tensione tra i conduttori e i connettori, minimizzando, per quanto possibile, la distanza tra i raddrizzatori e la barra anodica • Tenere una breve distanza tra i raddrizzatori e gli anodi, e usare acqua di raffreddamento quando l'aria di raffreddamento risulta insufficiente per mantenere fredde le barre anodiche • Regolare manutenzione dei raddrizzatori e dei contatti (della barra anodica) del sistema elettrico • Installazione di moderni raddrizzatori con un migliore fattore di conversione rispetto a quello dei vecchi raddrizzatori • Aumento della conduttività delle soluzioni di processo mediante additivi e controllo delle soluzioni • Uso di forme d'onda modificate per migliorare il deposito di metallo	
Riscaldamento	*	*	• Uso di una o più delle seguenti tecniche: acqua calda ad alta pressione, acqua calda non pressurizzata, fluidi termici – olii, resistenze elettriche immerse in vasca, etc. • Quando si usano resistenze elettriche immerse, occorre prevenire i rischi di incendio	

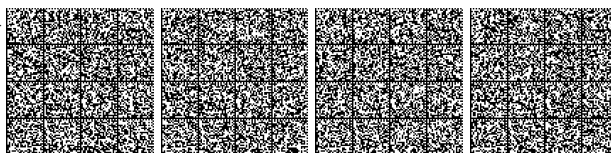
ARGOMENTO	ATTIVITÀ INTERESSATA		MTD - BREVE DESCRIZIONE	NOTE
	Anodizzazione	Pre-trattamento alla verniciatura		
Riduzione delle dispersioni di calore	*	*	• Rappresenta una MTD una tecnica atta al recupero del calore • Riduzione della quantità di aria estratta dalle soluzioni riscaldate • Ottimizzazione della composizione della soluzione di processo e dell'intervallo termico di lavoro • Isolamento delle vasche • Isolamento con sfere galleggianti della parte superficiale delle soluzioni di processo riscaldate	Processi a più basse temperature
Raffreddamento	*		• Prevenire un sovraraffreddamento ottimizzando la composizione della soluzione e l'intervallo di temperatura di lavoro • É MTD l'uso di un sistema chiuso di raffreddamento, per i nuovi sistemi e per quelli che sostituiscono vecchi sistemi • É MTD l'uso dell'energia in eccesso proveniente dai processi di evaporazione delle soluzioni • Progettazione, ubicazione e manutenzione tali da prevenire la formazione e la trasmissione di legionella Non è MTD la tecnica che prevede di usare una sola volta l'acqua di raffreddamento, escluso il caso in cui ciò sia consentito dalle risorse locali di acqua	
Risparmio d'acqua e prodotti di normale uso	*	*	• Monitoraggio di tutti i punti dell'impianto in cui si usano acqua e prodotti di consumo e registrazione a frequenza regolare a seconda dell'uso e delle informazioni di controllo richiesti. Le informazioni servono a tenere correttamente sotto controllo la gestione ambientale • Trattamento, utilizzazione e riciclo dell'acqua a seconda del livello qualitativo richiesto • Uso, quando possibile, di prodotti chimici compatibili tra una fase e la fase successiva del processo per evitare la necessità dei lavaggi tra una fase e l'altra	

ARGOMENTO	ATTIVITÀ INTERESSATA		MTD - BREVE DESCRIZIONE	NOTE
	Anodizzazione	Pre-trattamento alla verniciatura		
Riduzione dei trascinamenti (drag-out)	*	*	• Uso di tecniche che minimizzino il trascinamento dei prodotti presenti nelle soluzioni di processo, escluso il caso in cui il tempo di drenaggio può inficiare la qualità del trattamento	
Riduzione della viscosità	*	*	• Riduzione della viscosità ottimizzando le proprietà delle soluzioni di processo	
Lavaggi	*	*	• Riduzione dei consumi d'acqua e contenimento degli sversamenti dei prodotti di trattamento mantenendo la qualità dell'acqua nei valori previsti, mediante lavaggi multipli. Il valore di riferimento dell'acqua scaricata da una linea di processo che usa una combinazione di MTD per minimizzare il consumo di acqua è pari a 3÷20 l/m2/stadio lavaggio • Minimizzazione della quantità d'acqua usata nella fase di lavaggio, eccetto i casi in cui occorre diluire per bloccare la reazione superficiale in alcune fasi del processo (p.e. passivazione, decapaggio)	
Recupero di materiali	*	*	• La prevenzione e il recupero dei metalli rappresentano interventi prioritari Recupero dei metalli	
Trattamento degli effluenti	*	*	• Minimizzazione dell'utilizzo di acqua nel processo	
Identificazione e separazione di effluenti incompatibili	*	*	• Identificazione, separazione e trattamento degli effluenti che possono presentare problemi se combinati con altri effluenti	

ARGOMENTO	ATTIVITÀ INTERESSATA		MTD - BREVE DESCRIZIONE	NOTE
	Anodizzazione	Pre-trattamento alla verniciatura		
Residui	*	*	• Minimizzazione della produzione di residui mediante l'uso di tecniche di controllo sull'utilizzo e il consumo dei prodotti di processo • Separazione e identificazione dei residui prodotti durante il processo o nella fase di trattamento degli effluenti, per un loro eventuale recupero e riutilizzo	
Tecniche a scarico zero	*	*	• Queste tecniche sono basate su principi descritti e discussi nella sezione 4.16.12 del BRef	L'applicabilità di questa tecnologia è legata ad una analisi tecnico-economica in quanto potrebbe comportare maggiori oneri per le aziende. La tecnologia può comunque essere considerata MTD nei casi in cui non sia applicabile una tecnica alternativa e/o quando il bilancio ecologico/eco-nomico del processo risulta competitivo rispetto alle altre tecnologie
Emissioni in aria	*	*	• Uso di tecniche atte a minimizzare i volumi di aria da trattare e da scaricare sulla base dei limiti imposti	Nella tabella 5.3 del BRef sono elencate le sostanze e/o le attività nelle quali le emissioni fuggitive possono avere impatti ambientali, e le condizioni in corrispondenza delle quali è necessaria la loro estrazione

ARGOMENTO	ATTIVITÀ INTERESSATA		MTD - BREVE DESCRIZIONE	NOTE
	Anodizzazione	Pre-trattamento alla verniciatura		
Rumore	*	*	• Identificazione delle sorgenti di rumore significative e dei limiti imposti dalle autorità locali. Riduzione dei rumori entro i limiti previsti mediante tecniche consolidate	
Bonifica del Sito	*	*	• Segregazione dei materiali entro zone ben delimitate utilizzando cartelli di riferimento e descrizione di tecniche sulla prevenzione dai rischi di incidente • Assistenza all'impresa che conduce la bonifica • Uso delle conoscenze specifiche, per assistere l'impresa che conduce la bonifica del Sito, con la sospensione del lavoro e la rimozione dal sito degli impianti, delle costruzioni e dei residui	
Aggancio pezzi	*	*	• Linee di aggancio e i ganci tali da minimizzare gli spostamenti del materiale, la perdita di pezzi e da massimizzare l'efficienza produttiva	
Sostituzione e/o controllo di sostanze pericolose	*	*	• L'uso di un prodotto meno pericoloso rappresenta una generica MTD	
Cromo esavalente		*	• Sostituzione, ove possibile, dei rivestimenti a base di cromo esavalente con altri a base di cromo trivalente o esenti da cromo	Gli strati di conversione chimica (cromica o fosfocromica) di colore che varia dal giallo chiaro per i cromati al verde per i fosfocromati, vengono prodotti sulle superfici di alluminio. L'uso principale avviene nel pre-trattamento dell'alluminio prima della verniciatura con prodotti vernicianti in polvere

ARGOMENTO	ATTIVITÀ INTERESSATA		MTD - BREVE DESCRIZIONE	NOTE
	Anodizzazione	Pre-trattamento alla verniciatura		
Sostituzione e scelta dello sgrassante	*	*	• Verifica col cliente o con chi effettua lavorazioni precedenti al trattamento superficiale della possibilità di ridurre la presenza di olio e/o unto o dell'utilizzo di prodotti asportabili con sgrassanti a minimo impatto ambientale	
Anodizzazione	*		• Uso del calore dalle soluzioni di fissaggio a caldo • Recupero della soda caustica • Riciclo, ove applicabile, delle acque di lavaggio • Usi di tensioattivi ecologici	

Tabella 13– Applicabilità delle MTD in ossidazione anodica e in verniciatura

6. CONTRIBUTI ITALIANI ALLA STESURA DEL BREF

In questo capitolo contestualizziamo i BRef a livello europeo alla situazione più specifica italiana; ciò in buona parte vuol dire che indichiamo le MTD proposte dalla delegazione italiana e che sono state recepite dal TWG di Siviglia presso l'European IPPC Bureau nella stesura del documento BRef comunitario.

Vengono inoltre indicate delle tecnologie che per ragioni di tempistica od altro non sono state portate a Siviglia ma che si qualificano come MTD e che potranno far parte di ulteriori contributi italiani al processo di revisione continua dei BRef.

6.1. SOSTITUZIONE O RIDUZIONE DEI COEFFICIENTI TECNICI D'IMPIEGO DEL CROMO ESAVALENTE

Le aziende italiane si sono connotate per una forte spinta propulsiva nel cercare di sostituire e, nel caso non fosse possibile, ridurre, almeno in alcuni contesti specifici, l'utilizzo del cromo esavalente. Questo sia in considerazione di motivazioni endogene sia tenendo presente la elaborazione in corso presso DEFRA UK per una Risk Reduction Strategy a livello comunitario riguardante il Cromo VI. Ciò porta quanto meno al tentativo di ridurre l'utilizzo di cromo esavalente. Il problema non può dirsi infatti risolto con la completa eliminazione del Cr VI dal processo di cromatura ma può condurre ad un suo impiego più razionale attraverso la riduzione dei coefficienti tecnici di impiego.

6.1.1. Cromatura a freddo (Cold Chromium)

È una nuova tecnica che è entrata in produzione nel 2000 in un impianto italiano.
La temperatura del bagno di processo con Cr VI viene mantenuta tra i 18°C – 19°C grazie a un sistema di raffreddamento (invece dei 25°C – 35°C). A questa temperatura la concentrazione del Cr VI nella soluzione di processo può essere ridotta del 50%. La qualità del rivestimento è la stessa.

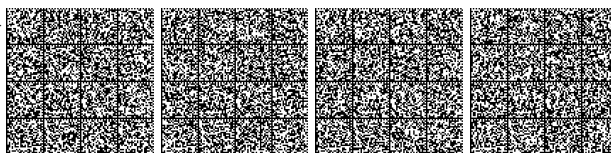
Benefici ambientali ottenuti:

- minimizzazione del cromo esavalente utilizzato ed emesso
- minimizzazione dell'evaporazione dalle soluzioni di processo
- minore energia usata nel processo di elettrolisi
- riduzione dell'esposizione dei lavoratori
- riduzione del consumo di acqua
- riduzione nell'impiego di reagenti per il trattamento di acque reflue
- riduzione dei fanghi prodotti

Cross-media effect:
Maggior energia richiesta per la refrigerazione/raffreddamento (da considerare nel conto costi/benefici).

Dati operativi:
soluzioni meno concentrate richiedono più tempo per il trattamento
migliore qualità grazie al maggior potere di penetrazione e maggiore omogeneità del rivestimento
eliminazione del problema delle bruciature sul pezzo trattato nei punti di alta densità di corrente
Agevole accettazione da parte della committenza rispetto ad altre MTD alternative.

Applicabilità:
la tecnica potrebbe essere appropriata solo per nuovi impianti.

Driving force per l'implementazione:
il maggior impulso per la sostituzione delle sostanze dannose è legato alla salute e sicurezza dei lavoratori. Altre legislazioni ambientali, come la legislazione per l'acqua guidata da PARCOM e Water Framework.

6.1.2. Stagno cobalto[3]

E' una MTD alternativa che utilizza leghe di Sn/Co (Co 5-10%) per effettuare la cromatura decorativa senza cromo. Questo metodo è stato testato e utilizzato per diversi anni in alcune linee di produzione di installazioni in Italia. Questa tecnica di finitura alternativa alla cromatura ha un'alta capacità di penetrazione (può rivestire forme più complesse rispetto al cromo esavalente) e fornire una finitura di alta qualità. Il colore di finitura risulta più scuro rispetto a quello ottenuto con il cromo esavalente.

Benefici ambientali ottenuti:
minimizzazione dell'uso di cromo esavalente
trattamento delle acque di scarico più facile ed efficace.

Cross-media effect:
alcune formulazioni di bagni di stagno-cobalto contengono ammine chelanti che possono causare problemi al sistema di trattamento delle acque reflue.

Dati operativi:
Il bagno risulta piuttosto instabile ed è necessario uno stretto controllo delle condizioni operative, soprattutto per il pH.
Potrebbe essere necessario uno stadio di passivazione con Cr VI a concentrazione minima.
I rotobarili devono essere costruiti in acrilico

Applicabilità:
E' stata approvata per certe parti interne nel settore auto a partire dal 1990 dalla General Motors.
Non ha alta resistenza all'usura. Il costo è più elevato

Driving force per l'implementazione:
Il maggior impulso per la sostituzione delle sostanze dannose è legato alla salute e sicurezza dei lavoratori.
Altre legislazioni ambientali, come la legislazione per l'acqua guidata da PARCOM e Water Framework.

6.1.3. Cromatura decorativa trivalente a base di solfati

Una azienda di trattamenti italiana con la collaborazione di altre 4 aziende fornitrici ha cercato di verificare l'applicabilità di un processo di cromatura trivalente.
Il pool promosso dal consorzio per lo sviluppo sostenibile nel settore STM Ecometal è partito dalle analisi delle cause del mancato sviluppo della tecnica nota da tempo di cromatura trivalente a base di Cloruri.
Evidenziati i problemi della tecnica ai cloruri (colore diverso, scarsa penetrazione dell'elettrodeposito, formazione di cloro all'anodo con problemi conseguenti) si è passati alla ricerca ed allo sviluppo della nuova MTD.

---

[3] Tra l'inizio e la fine dei lavori del TWG questa tecnica è stata in gran parte rimpiazzata in Italia per applicare tecniche alternative a base di cromo trivalente ai solfati. Le ragioni addotte per l'abbandono di questa finitura sono state :
-difficoltà di gestione della soluzione con problemi di mantenimento della stabilità della colorazione ottenuta
-la soluzione degenera variando con passaggio da Sn2 a Sn4 anche nei periodi di fermo
-riclassificazione estremamente peggiorativa del solfato di Cobalto (anche se questa sostanza è presente in percentuali minime sotto 0.1 % nella soluzione operativa)

Descrizione

In una diversa matrice salina a base di Solfato e di Boro con appositi anodi al titanio rivestiti di ossidi di metallo nobile catalizzatori per l'ossigeno ad una temperatura di 55 °-57° con un tenore di cromo trivalente tra i 6 e gli 8 gr/l si ottiene un processo con una colorazione stabile, che sviluppa ossigeno all'anodo e con una penetrazione ottimale paragonabile a quella dello stagno-cobalto.

Dati operativi:

colore ottenuto molto simile alla cromatura decorativa tradizionale
migliore qualità grazie al maggior potere di penetrazione e maggiore omogeneità
eliminazione del problema delle bruciature sul pezzo trattato nei punti di alta densità di corrente

Benefici Ambientali

- minimizzazione del cromo esavalente utilizzato ed emesso
- minore energia usata nel processo di elettrolisi
- riduzione dell'esposizione dei lavoratori
- riduzione del consumo di acqua
- riduzione nell'impiego di reagenti per il trattamento di acque reflue
- riduzione dei fanghi prodotti

Cross-media effect:

Essendo applicabile alla sola cromatura decorativa, si sottintende una preventiva nichelatura che utilizza anch'essa Solfati e Boro. Non sarà quindi possibile estendere ad una intera installazione la tecnica in Italia per una motivazione in più rispetto a quelle comunitarie, dato che il limite sui solfati e sul boro è una caratteristica propria del nostro paese. In questo momento si sta lavorando nelle imprese che applicano questo processo su questa problematica depurativa.

Applicabilità:

La tecnica potrebbe essere appropriata solo per nuovi impianti, è estremamente più costoso il processo sia in termini di costi dei materiali impiegati sia in in costi di manutenzione della soluzione operativa che richiede trattamenti di prolungamento della vita utile del bagno con resine a scambio ionico.
La committenza può impedirne/ridurne la diffusione se non modifica le specifiche.
Gli investimenti richiesti per la riconversione di impianti esistenti sono elevati

L'applicazione di questa MTD è per tutti questi motivi solo consigliata in almeno una linea produttiva per quelle installazioni che possiedono una pluralità di linee produttive, si ritiene infatti necessaria una certa pratica industriale per pervenire alla completa ottimizzazione e piena applicazione.

La campagna di promozione del trattamento attuata da Ecometal ha portato a superare nel 2005 la dozzina di installazioni in Italia che utilizzano questa MTD.

Driving force per l'implementazione:

il maggior impulso per la sostituzione delle sostanze dannose è legato alla salute e sicurezza dei lavoratori.Altre legislazioni ambientali, come la legislazione per l'acqua guidata da PARCOM e Water Framework.

6.2. FASI DI LAVAGGIO CHE UTILIZZANO ACQUA RICICLATA (MEDIANTE POMPE DI RILANCIO)

Sono due le aziende di riferimento italiane che hanno sperimentato questa tecnica di riutilizzo dell'acqua di lavaggio in più fasi di lavaggio dello stesso impianto, ma la MTD in questione potrebbe essere anche più diffusa di quanto si pensi.

Descrizione

La tecnica può essere considerata come una estensione di un sistema di trattamento integrato (comunemente conosciuto come Lancy system). L'acqua derivante da una fase di lavaggio viene riutilizzata in un'altra fase di lavaggio, dove le caratteristiche chimiche e fisiche acquisite nella prima fase possono essere sfruttate nella seconda fase senza richiedere altri trattamenti aggiuntivi.
Per esempio, in una installazione di elettrodeposizione di nichel l'acqua derivante dal lavaggio dopo il processo di nichelatura potrebbe venire usata ancora in altre fasi di lavaggio:

- dopo la sgrassatura elettrolitica a freddo, poi
- dopo il decapaggio, ed eventualmente
- dopo la pre –sgrassatura chimica a caldo

Benefici ambientali ottenuti:

- riduzione del consumo dell'acqua fino al 40%
- riduzione degli elementi chimici usati grazie al minor sbalzo di ph tra una lavorazione alcalina e acida (e viceversa)
- riduzione degli elementi chimici usati per neutralizzare l'acqua prima di inviarla all'impianto di trattamento

Dati operativi:

La tecnica si applica solo agli impianti con processi senza cianuro.
È necessario un appropriato sistema di tubature e pompe di rilancio.

Applicabilità:

La tecnica non è sempre applicabile agli impianti esistenti per i quali va attuata una verifica di fattibilità.

Driving force per l'implementazione:

Risparmio di acqua ed elementi chimici

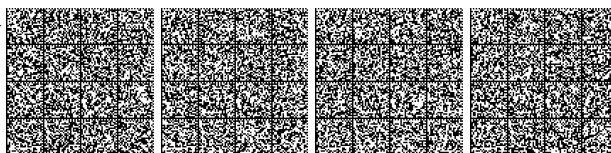
6.3. FLOTTAZIONE

Questa MTD è stata applicata estendendo una pratica comune nelle aziende alimentari e modificando opportunamente l'impianto per adattarlo alle esigenze di depurazione del settore. Il primo motivo che ha spinto a sperimentare questa soluzione tecnica era dettato da un problema locale di sviluppo di nitriti e nitrati in certi periodi molto caldi estivi quando la temperatura dell'acqua nei sedimentatori superava i 20 °C e non c'era la possibilità di una rapida estrazione dei fanghi .
La tecnica viene applicata dopo la parte chimica dell'impianto di depurazione chimico-fisico potendo sostituirsi od affiancarsi alle consuete fasi di sedimentazione a seconda di fattori specifici.

Descrizione

Particelle solide (o liquide come olio o grasso) sono combinate con bolle d'aria, producendo un aggregato particelle-aria che galleggiano sulla superficie e vengono rimosse

Benefici ambientali ottenuti:

raggiungimento dei valori limiti di emissione per le acque reflue

veloce estrazione dei fanghi contenenti metalli
possibile riduzione di reagenti chimici, agenti flocculanti, anti schiuma e carbone attivo.

Cross-media effect:
Potrebbe richiedere maggiore coagulante rispetto alla sedimentazione
Consumo di maggior energia rispetto alla sedimentazione.

Dati operativi:
Vengono usati tre metodi:

- flottazione a vuoto, dove l'aria è dissolta a pressione atmosferica seguita da una caduta di pressione per permettere la formazione delle bolle
- flottazione ad aria indotta (IAF) dove piccole bolle sono formate ed estratte nell'acqua reflua tramite un congegno di induzione come un venturi
- flottazione ad aria dissolta (DAF) dove l'aria pressurizzata è dissolta nell'acqua reflua o in parte dell'acqua reflua e rilasciata come piccole bolle

I vantaggi sono:

- alta efficienza
- maggior velocità di flottazione e quindi possibilità di usare installazioni più piccole rispetto a sedimentazione statica
- pre-ispessimento dei fanghi
- impianto modulare facilmente trasportabile, nelle nuove installazioni facilita le operazioni di dismissione del sito rispetto alle vasche di sedimentazione in cemento armato.
- se sostituisce i decantatori utilizza minor spazio.

Gli svantaggi sono:

- richiesta di una flocculazione di alta qualità per garantire una buona adesione delle bolle d'aria ai solidi sospesi

Applicabilità:

- impianti nuovi ed esistenti

Driving force per l'implementazione:
Può essere richiesto per necessità di impianti completi di depurazione acque reflue o per fattori locali specifici (es. divieto di scavo)

6.4. RIDUZIONE DEL DRAG-OUT IN IMPIANTI A ROTOBARILE

Più che di una MTD si tratta di un contributo di studio effettuato dal gruppo BAT per impianti Rotobarile di Assogalvanica che ha portato ad elaborare una tabella meno semplicistica di quella originariamente adottata nel draft del BRef . Tale tabella è stata accettata nel BRef comunitario come uno dei contributi più qualificanti per la ottimizzazione degli impianti rotobarile rispetto al problema del drag out. Si sono distinte le tempistiche di sgocciolamento, i tempi di estrazione, i periodi di fermo e le rotazioni in relazione ai diversi trattamenti o pre-trattamenti.

Per ridurre il drag out il rotobarile deve essere estratto lentamente e con un tempo di drenaggio sufficiente; vengono riportati nella tabella sottostante i valori di riferimento:

		Tempo minimo		
Processo	Fori (mm)	Estrazione (secondi)	Sgocciolamento (secondi)	Periodo di stazionamento (vedi nota *)
Plating	2	5	24	3 x 6
	3	5	20	3 x 6
	4	5	16	2 x 6
	>6	5	12	2 x 6
sgrassaggio/decapaggio	2	5	24	3 x 6
	3	5	20	3 x 6
	4	5	16	2 x 6
	>6	5	12	2 x 6
Passivazione	2	5	16	1 x 6
	3	5	12	1 x 6
	4	5	8	1 x 6
	>6	5	4	1 x 6
Sigillatura	2	5	24	3 x 6
	3	5	20	3 x 6
	4	5	16	2 x 6
	>6	5	12	2 x 6
Nota *: il rotobarile viene ruotato una, due o tre volte di 90° con un tempo di stazionamento di 6 secondi				

Tabella 14– Valori di riferimento

6.5. MOVIMENTAZIONE TRIASSIALE

E' sfuggita all'inserimento nelle STM BRef questa tecnica brevettata in Italia di movimentazione meccanica dei pezzi immersi che migliora notevolmente le performance dell'impianto in termini di qualità della produzione, ampliando le possibilità di movimentazione meccanica rispetto all'insufflazione ad aria meno favorita come MTD . Questa tecnica viene inserita a futura memoria anche per far parte delle successive proposte della delegazione italiana alla prossima revisione del BRef on STM. Visto che lo sviluppo delle MTD è da intendersi come un processo continuo e che la tecnica risulta applicabile ai nuovi impianti per produzioni a telaio, sia di "tipo a giostra" che di "tipo a paranchi" dovrà esserne fatta opportuna menzione.
L'applicazione relativamente recente in Italia di tecniche di movimentazione meccanica dei pezzi immersi mediante movimentazione pluriassiale (doppia movimentazione od a movimenti combinati) ha dato luogo già a più di qualche applicazione sia in impianti situati in Italia che esportati. Nata nei primi impianti che l'hanno sperimentata come doppia movimentazione (su due assi) è stata quindi perfezionata e brevettata nella forma triassiale.

Il riferimento viene fatto al Brevetto così descritto : Movimentazione triassiale per processi di trattamento superficiali Brevetto n. 01293713 presentato il 20/06/97 rilasciato 10/03/99.

09A01014

DECRETO 1° ottobre 2008.

Linee guida per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili in materia di produzione di cloro-alcali e olefine leggere per le attività elencate nell'allegato I del decreto legislativo 18 febbraio 2005, n. 59.

IL MINISTRO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE

DI CONCERTO CON

IL MINISTRO DELLO SVILUPPO ECONOMICO

E

IL MINISTRO DEL LAVORO, DELLA SALUTE E DELLE POLITICHE SOCIALI

Visto il decreto legislativo 18 febbraio 2005, n. 59, recante «Attuazione integrale della direttiva 96/61/CE relativa alla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento» e in particolare l'art. 4, comma 1, che prevede l'emanazione di linee guida per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili, nonché che l'autorizzazione integrata ambientale sia rilasciata, tra l'altro, nel rispetto delle linee guida medesime e l'art. 4, comma 2, che prevede che, fino all'istituzione di una nuova commissione integrata secondo le disposizioni dello stesso comma, operi la commissione istituita con decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio del 19 novembre 2002 (pubblicato nella *Gazzetta Ufficiale* della Repubblica italiana n. 302 del 27 dicembre 2002) ai sensi dell'art. 3, comma 2 del decreto legislativo n. 372/1999;

Acquisiti gli elaborati tecnici riportai in allegato al presente decreto, predisposti dalla commissione istituita con decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio del 19 novembre 2002 (pubblicato nella *Gazzetta Ufficiale* della Repubblica italiana n. 302 del 27 dicembre 2002) ai sensi dell'art. 3, comma 2 del decreto legislativo n. 372/1999;

Sentita la Conferenza unificata istituita ai sensi del decreto legislativo 25 agosto 1997, n. 281, nella seduta del 20 marzo 2008;

Decreta:

Art. 1.

Emanazione delle linee guida per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili

1. Ai sensi dell'art. 4, commi 1 e 2 del decreto legislativo 18 febbraio 2005, n. 59, sono emanate linee guida recanti i criteri specifici per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecnice disponibili, per gli impianti esistenti di produzione di cloro-alcali e olefine leggere, rientranti nelle categorie descritte ai punti 4.1 e 4.2 dell'allegato I del medesimo decreto.

Tali linee guida, che costituiscono parte integrante del presente decreto, sono riportate in allegato.

2. Per criteri di tipo generale e per la definizione dei sistemi di monitoraggio, relativamente alle categorie di attività citate al comma 1, le linee giuda riportate in allegato sono da considerarsi unitamente alle linee guida generali e alle linee guida in materia di sistemi di monitaraggio già emanate per le attività rientranti nelle categorie descritte ai punti 1.3, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5 e 6.1 nell'allegato I del decreto legislativo 4 agosto 1999, n. 372 con decreto del 31 gennaio 2005, pubblicato nel S.O. n. 107 della *Gazzetta Ufficiale* del 13 giugno 2005.

Art. 2.

Entrata in vigore

1. Il presente decreto entra in vigore il giorno successivo alla pubblicazione nella *Gazzetta Ufficiale* della Repubblica italiana.

Il presente decreto sarà trasmesso agli organi di controllo per la registrazione e pubblicato nella *Gazzetta Ufficiale* della Repubblica italiana.

Roma, 1° ottobre 2008

Il Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare
PRESTIGIACOMO

Il Ministro dello sviluppo economico
SCAJOLA

Il Ministro del lavoro, della salute e delle politiche sociali
SACCONI

Registrato alla Corte dei conti il 27 novembre 2008
Ufficio controllo atti Ministeri delle infrastrutture ed assetto del territorio, registro. n. 9, foglio n. 222

ALLEGATO *1*

LINEE GUIDA PER L'IDENTIFICAZIONE DELLE MIGLIORI TECNICHE DISPONIBILI PER GLI IMPIANTI DI PRODUZIONE DI CLORO - ALCALI

A. INTRODUZIONE

Il presente documento rappresenta il risultato dell'attività svolta dal Gruppo Tecnico Ristretto *"Produzione su scala industriale mediante trasformazione chimica delle sostanze o dei gruppi di sostanze di cui ai punti da 4.1 a 4.6"* dell'Allegato I del D. L.vo 372/99, nominato dalla commissione istituita con Decreto Ministeriale del 19 novembre 2002, nell'ambito della individuazione degli elementi necessari alla predisposizione delle Linee Guida di settore previste all'ex art. 3, comma 2, del decreto legislativo n. 372 del 1999 e relative all'individuazione, utilizzazione e aggiornamento delle migliori tecniche disponibili.

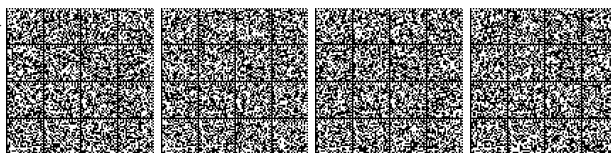
L'obiettivo è quello di facilitare l'individuazione e l'interpretazione delle attività e degli strumenti normativi introdotti dalla Direttiva Comunitaria 96/61/CE del Consiglio del 24 settembre 1996, riguardante la prevenzione e la riduzione integrate dell'inquinamento di origine industriale e dal successivo Decreto Legislativo 372 del 4 agosto 1999 che ne regolamenta l'attuazione in Italia.

L'analisi di questo settore industriale è stata affrontata in equilibrio con la linea di intervento determinata dalla direttiva IPPC, promuovendo, cioè, l'approccio integrato alla valutazione dell'inquinamento attraverso l'applicazione di misure globali di protezione ambientale, volte al superamento dei criteri di controllo dei singoli comparti ambientali che spesso non tengono conto dei trasferimenti dell'inquinamento da un settore all'altro.

La direttiva, infatti, si articola su alcuni principi fondamentali, quali l'istituzione di una nuova procedura di autorizzazione, l'Autorizzazione Integrata Ambientale (A.I.A.), che dovrà prendere in considerazione l'intera prestazione degli impianti industriali nei confronti dell'ambiente (emissioni nell'aria, nell'acqua e nel suolo, produzione di rifiuti, uso delle materie prime, efficienza energetica, rumore, prevenzione degli incidenti, gestione dei rischi), e il riferimento alle migliori tecniche disponibili, o BAT (Best Available Techniques), così come definite all'art. 2, punto 11 della direttiva. L'AIA dovrà basarsi oltre che sulla normativa di settore, su prestazioni ambientali associate alle BAT, tenendo in considerazione le caratteristiche tecniche dell'impianto, la loro posizione geografica, le condizioni ambientali del luogo e la loro fattibilità economica.

Il GTR ha sviluppato il lavoro partendo dai documenti comunitari di riferimento per le BAT, i cosiddetti BRef, nati dallo scambio di informazioni, organizzato dalla Commissione Europea, fra gli esperti degli Stati Membri, dell'industria e delle organizzazioni ambientali. Oltre alle informazioni sui processi produttivi del settore industriale e gli impatti ambientali associati, i BRef (che non hanno carattere legalmente vincolante) contengono le indicazioni sulle migliori tecniche disponibili e sui livelli di efficienza da esse raggiungibili.
In particolare, all'interno della presente relazione, viene confrontata la situazione del settore chimico industriale nazionale con quella descritta nel BRefs di riferimento *"Reference Document on Best Available Techniques in the Chlor-Alkali Manufacturing industry (Dicembre 2001).*

In riferimento alle indicazioni fornite dalla Commissione Plenaria, il GTR ha sviluppato solo i punti dell'indice ritenuti applicabili al settore in oggetto.

La realizzazione di questo documento è stata condotta anche sulla base di documentazione specifica fornita dalle Amministrazioni e dagli Enti partecipanti al GTR, da cui sono state estratte e rielaborate le parti ritenute di interesse.

B. DESCRIZIONE DEL PROCESSO DI PRODUZIONE, DEGLI EVENTUALI SOTTOPROCESSI E DEGLI IMPIANTI PER I QUALI SONO ANALIZZATE LE MIGLIORI TECNICHE DISPONIBILI.

Gli impianti cloro-soda sono caratterizzati da tre tecnologie di base.

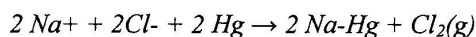
Per tale settore è disponibile il documento comunitario *"Reference Document on Best Available Techniques in the Chlor-Alkali Manufacturing industry"*, in adozione dal dicembre 2001, in cui viene descritta l'industria che produce cloro (Cl_2) e alcali, idrossido di sodio (NaOH) o idrossido di potassio (KOH), attraverso l'elettrolisi di una soluzione salina (salamoia), contenente la raccolta delle migliori raccomandazioni per la corretta progettazione e conduzione di tali tipologie di impianti.

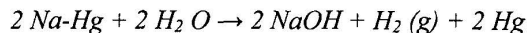
Il documento è disponibile sul sito dell'ufficio IPPC di Siviglia all'indirizzo http://eippc.jrc.es.

B.1 Celle a mercurio

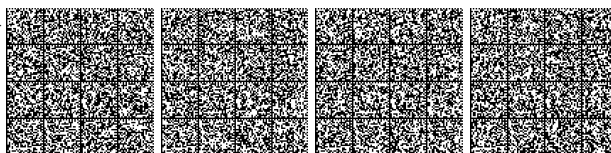
Le celle a mercurio sono costituite da un catodo di mercurio presente in forma di film sottile, mentre l'anodo, che sino alla fine degli anni '60 era di grafite, attualmente viene realizzato in titanio rivestito con ossidi di titanio e rutenio e presenta una maggior durata e una migliore resa energetica.

Durante il processo, il sodio che si libera al catodo va a costituire l'amalgama di mercurio che viene inviato ad un successivo decompositore, dove, in presenza di grafite attivata con ossidi metallici, ha luogo la reazione dell'amalgama con acqua, e conseguente formazione di NaOH e H_2. Il mercurio così separato dal sodio viene riciclato. Le temperature di lavoro sono di circa 70-80 °C per la prima cella e 90-130°C per il decompositore. Il processo a mercurio ha il vantaggio rispetto agli altri di produrre cloro gassoso con basso tenore di ossigeno e una soluzione caustica al 50%, ma presenta comunque lo svantaggio di causare inquinamento da mercurio.
La reazione nella cella di elettrolisi è:

$$2\,Na^+ + 2Cl^- + 2\,Hg \rightarrow 2\,Na\text{-}Hg + Cl_2(g)$$

Quella che ha luogo nel decompositore è:

$$2\,Na\text{-}Hg + 2\,H_2O \rightarrow 2\,NaOH + H_2\,(g) + 2\,Hg$$

B.2 Celle a diaframma

Le celle a diaframma sono state impiegate in qualità di primo processo di produzione di cloro e soda, e attualmente costituiscono il sistema più utilizzato nel Nord America.

Un diaframma realizzato in asbesto viene impiegato per separare il cloro prodotto all'anodo e l'idrogeno e la soda caustica prodotti al catodo. La temperatura di lavoro è di circa

80-99 °C. La soluzione di soda che viene prodotta ad una concentrazine del 12% contiene anche cloruro di sodio e viene successivamente concentrata per evaporazione. Gli anodi di grafite, utilizzati in precedenza, sono stati sostituiti da anodi metallici per evitare il danneggiamento del diaframma da parte delle particelle di grafite, mentre i diaframmi vengono realizzati con un materiale composito costituito per il 75% di asbesto ed il 25% da un polimero fibroso a base di fluorocarbonio ad elevata resistenza. I diaframmi di questo tipo sono molto più stabili e caratterizzati da maggior durata.

I vantaggi principali delle celle a diaframma sono:

- consumo energetico più basso rispetto a quelle a mercurio
- non richiedono un elevato grado di purezza della salamoia impiegata.

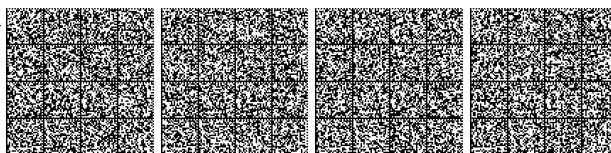
Presentano però oltre all'inconveniente, dal punto di vista ambientale, di rilasciare asbesto, di produrre della soda caustica a bassa concentrazione con elevati tenori di NaCl.

Negli anni più recenti sono stati prodotti diaframmi privi di asbesto a base di PTFE (politetrafluoroetilene) che di recente sono stati posti in uso presso qualche compagnia americana.

B.3 Celle a membrana

Le celle a membrana costituiscono allo stato attuale la migliore tecnologia dal punto di vista della salvaguardia ambientale. Le membrane utilizzate sono a scambio ionico e sono state sviluppate agli inizi degli anni '70 dalla DuPont. La loro applicazione è talmente vantaggiosa che i nuovi impianti di cloro-soda vengono realizzati esclusivamente con questo tipo di celle.

La separazione dei due prodotti viene effettuata in modo molto efficace mediante una membrana a più strati costituita da polimeri perfluorurati con gruppi sostituiti carbossilici in posizione adiacente al catodo e gruppi solfonici in prossimità dell'anodo. La resistenza meccanica viene data alla membrana da fibre PTFE. Tale struttura consente la separazione selettiva del cloro e della soda prodotti. La membrana può scambiare i cationi, ma non gli anioni, permettendo agli ioni Na^+ di migrare dal comparto anodico a quello catodico, mantenendo, con tale flusso, l'elettroneutralità (la migrazione degli OH^- in verso opposto manterrebbe l'elettroneutralità, ma reagirebbero con Cl_2). La soluzione salina concentrata fluisce verso il comparto anodico dove gli ioni cloruro sono ossidati a cloro gassoso. Gli ioni sodio migrano attraverso la membrana al compartimento catodico, che contiene la soluzione di soda caustica. L'acqua demineralizzata aggiunta al catodo viene idrolizzata, liberando idrogeno gassoso e ioni idrossido; questi ultimi reagiscono con gli ioni sodio, formando la soda caustica. La concentrazione della soda viene, in genere, portata al 32-35% facendo ricircolare la soluzione prima di scaricarla dalla cella. Qualora fosse necessario raggiungere una concentrazione di soda del 50%, la soluzione caustica prodotta viene concentrata per evaporazione. La membrana previene la migrazione degli ioni cloruro dall'anodo al catodo; di conseguenza, la soluzione di soda prodotta all'anodo non contiene il sale, come invece accade nel processo con cella a diaframma.

Il catodo è in genere costituito da acciaio inossidabile o nichel, spesso ricoperto con un catalizzatore, aumentando così la stabilità, la superficie di contatto e riducendo il voltaggio. In genere come catalizzatori si usano Ni-S, Ni-Al e miscele di Ni-Nio.
L'anodo è in genere metallico.

I principali vantaggi delle celle a membrana sono la produzione di soda con l'impiego di ridotte quantità di energia elettrica e il ridotto impatto ambientale, in quanto non si ha impiego di materiali pericolosi quali mercurio o asbesto. Gli svantaggi sono invece la produzione di soluzioni caustiche che necessitano per alcuni impieghi di essere concentrate e la produzione di cloro con impurezze di ossigeno che debbono essere rimosse, in funzione dell'utilizzo che se ne deve fare.

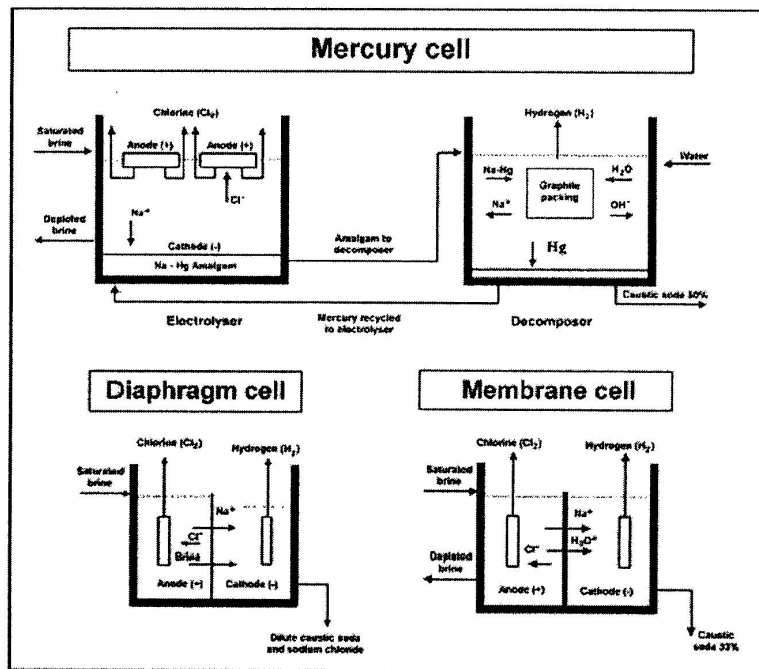
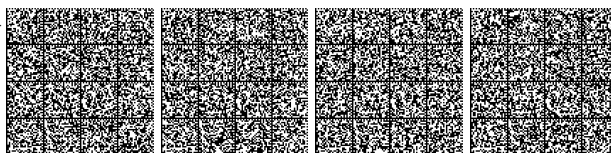



Figura 1. Schema semplificato delle celle di elettrolisi di cloro.

B.4 Processi ausiliari

I processi ausiliari sono:

- produzione e stoccaggio della salamoia
- depurazione della salamoia
- stoccaggio e lavorazione della soda
- stoccaggio e lavorazione del cloro
- stoccaggio e lavorazione dell'idrogeno

C. DESCRIZIONI DELLE ANALISI ELABORATE IN AMBITO COMUNITARIO PER LA INDIVIDUAZIONE DELLE BAT, CON PARTICOLARE RIFERIMENTO, OVE DISPONIBILI, ALLE CONCLUSIONI DEI BREF.

C.1 Concetto generale di migliori tecniche e tecnologie per il settore specifico

I paragrafi che seguono hanno lo scopo di fornire una descrizione degli aspetti generali del settore, della relativa situazione in Europa, dei processi di produzione coinvolti e dei maggiori aspetti ambientali correlati al settore industriale in esame. Vengono, quindi, affrontati dettagliatamente gli impatti ambientali implicati, con particolare riferimento alle emissioni in aria, in acqua e alla produzione di rifiuti solidi.

C.2 Aspetti tecnici e tecnologici dello specifico settore

Le principali tecnologie applicate già descritte nei paragrafi precedenti per la produzione di cloro-alcali sono:

- Celle a mercurio
- Celle a diaframma
- Celle a membrana

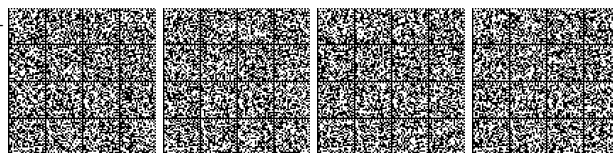
I tre processi si differenziano per il metodo impiegato per tenere il cloro prodotto all'anodo separato dalla soda caustica e dall'idrogeno prodotto al catodo.

I prodotti sono ottenuti stechiometricamente in un rapporto fisso, indipendentemente dalla tecnologia utilizzata. Per 1000 kg di cloro prodotti, si producono:

- 1128 kg di NaOH (100%), utilizzando NaCl come materia prima
- 1577 Kg di KOH (100%),utilizzando KCl come materia prima
- 28 Kg di idrogeno.

Mentre i processi con celle a diaframma e a mercurio sono stati introdotti verso la fine del 1800, quello a membrana si è sviluppato molto più recentemente (1970). Attualmente, il 95% della produzione mondiale di cloro è ottenuta attraverso i processi cloro-alcali.

Per ciò che riguarda la produzione di idrossido di sodio (soda caustica), questo viene usualmente commercializzato in soluzione acquosa al 50% e può essere stoccato per lunghi periodi e facilmente trasportato. Le sue principali aree di applicazione sono:

- chimica:sintesi di composti organici ed inorganici
- metallurgia: produzione di allumina /alluminio
- cartiere
- industria tessile
- produzione di detergenti e tensioattivi
- trattamento delle acque
- prodotti di consumo

C.3 Aspetti ambientali: consumi (energetici, idrici, di materie prime)

La trattazione che segue affronta, tra i principali aspetti ambientali, i consumi energetici, idrici e di materie prime correlati, rispettivamente, ai processi di produzione di cloro-alcali in riferimento ai principali processi e sottoprocessi di produzione citati nel BRef di settore.

Alcune materie prime e alcuni inquinanti provenienti dall'industria cloro-alcali sono comuni a tutti i processi, altri invece dipendono dalla cella utilizzata, dalla purezza del sale e dai tipi di prodotti.

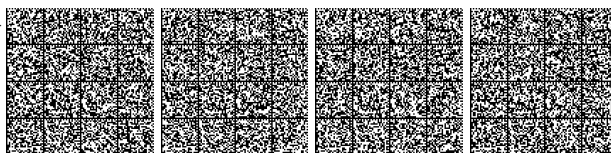
Le materie prime utilizzate sono soprattutto sale (NaCl o KCl)e acqua; oltre a queste vi sono poi: acidi e precipitanti chimici usati per la rimozione delle impurità nelle soluzioni di partenza o nei cloro/soda caustica prodotti; agenti di raffreddamento per la purificazione e liquefazione del cloro gassoso prodotto.

C.3.1 Consumi d'acqua

L'acqua viene utilizzata nel processo per:

- lavaggi;
- preparazione della salamoia;
- nel circuito della soda per mantenere il bilancio dell'acqua nella reazione di formazione di NaOH nelle celle a membrana e a mercurio;
- nell'unità di assorbimento del cloro;
- raffreddamento.

Non considerando l'acqua di raffreddamento i consumi d'acqua sono stimati in 2-2.5 m^3/t cloro per processi con riciclo di salamoia e circa 10 m^3/t cloro per i processi senza riciclo.

Poiché il processo cloro-alcali necessita di enormi apporti di elettricità, anche l'energia elettrica può essere considerata una materia prima fondamentale.

C.4 Aspetti ambientali: emissioni (in atmosfera, negli scarichi idrici termiche, sonore, da vibrazione)

I principali inquinanti comuni a tutti e tre i processi elettrolitici sono: emissioni gassose di cloro in aria, ossidanti liberi in acqua, residui acidi, agenti di raffreddamento e impurità rimosse dal sale o da soluzioni saline con elevato contenuto di cloruro di sodio.

L'inquinante che desta maggior preoccupazione è il mercurio, che è pero specifico della tecnologia con *cella a mercurio*. A causa delle caratteristiche del processo, il mercurio può essere emesso in aria, in acqua, nei rifiuti e nei prodotti.

In particolare le emissioni totali di mercurio in aria, acqua e prodotti provenienti da impianti di cloro-alcali dell'Europa occidentale erano pari a 9.5 tonnellate nel 1998. Attualmente nell'UE circa 12000 tonnellate di mercurio sono contenute nelle celle a mercurio utilizzate per produrre cloro.

Il problema principale delle *celle a diaframma* è, invece, l'asbesto. Desta preoccupazione sia l'esposizione potenziale dei lavoratori all'asbesto che i rilasci dell'asbesto nell'ambiente.

Le *celle a membrana* presentano invece vantaggi ecologici, non essendoci né uso di mercurio né di asbesto, ed essendo il processo energeticamente più efficiente.

C.4.1 Celle a mercurio

C.4.1.1 Emissioni in atmosfera

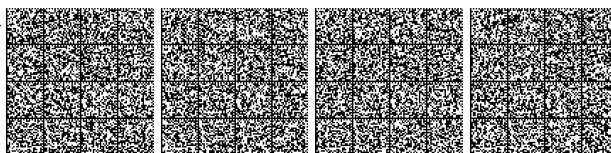
Le emissioni in atmosfera provenienti dal processo con cella a mercurio sono costituite principalmente da mercurio ed, in quantità minore, da cloro.

I rilasci di mercurio sono caratteristici della tecnologia ad amalgama. Le emissioni in aria di vapori di mercurio provengono dalle fasi che seguono.

- Ventilazione della sala celle: è la principale sorgente di emissioni di mercurio in aria. Nel 1997, nell'Europa occidentale, le emissioni di mercurio provenienti dalla sala celle erano comprese tra 0.17-1.93 g/t capacità produttiva.

- Scarichi di processo: sono tutte le correnti gassose attraverso le quali, a seguito di trattamento, può essere emesso il mercurio in atmosfera. Tali correnti, prima del rilascio in atmosfera subiscono generalmente un trattamento di abbattimento del mercurio mediante adsorbimento su letti di carbone attivato con zolfo eventalmente preceduto da una preliminare filtrazione. Il mercurio adsorbito è successivamente recuperato per distillazione.

- Purificazione della soluzione salina (salamoia)

- Soda caustica dopo il decompositore: il mercurio contenuto nella soda proveniente dal decompositore (2.5-25 mg/l) può essere emesso. Perciò, in genere, la soda viene filtrata con carboni attivi prima della manipolazione. Dopo la filtrazione, il mercurio rimanente è tra 0.009 e 0.05 g/t capacità produttiva .

- Idrogeno prodotto nel decompositore
- Purificazione del mercurio
- Manutenzione della cella

Vi sono poi anche emissioni fuggitive di mercurio provenienti dalle fasi elencate di seguito.

- Stoccaggio di mercurio: in questo caso, le emissioni dipendono dal tipo di stoccaggio, dalla temperatura di stoccaggio e dalla quantità di materiale, da stoccare, contaminato da mercurio. Le emissioni segnalate dal Basf a Anversa (Belgio) cadono tra 0,004-0,005 mg/Nm^3 (periodo della misura gennaio 1997 - aprile del 1998; stoccaggio di bottiglie di 35 chilogrammi di mercurio e consumo di mercurio di 2,636 g/t di cloro prodotto).

- Distillazione di recupero: nel recupero di mercurio, il rifiuto viene distillato allo scopo, appunto, di ridurre il suo contenuto di mercurio. Il gas di scarico di tale distillazione, contenendo una piccola quantità di mercurio, viene filtrato su carboni attivi per adsorbire il mercurio non condensato per prima di essere scaricato. Le emissioni provenienti da tale recupero di mercurio sono controllate per essere sicuri della loro irrilevanza.

C.4.1.2 Emissioni in acqua

Il principale inquinante è costituito da mercurio che deriva, dopo trattamento, da:

- processo: purificazione della salamoia, condense dall'essiccamento dell'idrogeno, condense dalle unità di concentrazione della soda caustica, perdite di salamoia, eluato dallo scambio ionico nel trattamento dell'acqua di processo;
- acqua di lavaggio delle celle e delle testate entrata ed uscita;
- acqua impiegata per il lavaggio dei pavimenti, serbatoi, tubi e altri apparati nella zona di elettrolisi;
- acqua di lavaggio dalle aree di manutenzione.

Inoltre la soluzione di soda al 50% può contenere del mercurio, un dato disponibile a questo proposito è quello di un impianto svedese che riporta 8 µgHg/l NaOH e 33. µgHg/l KOH (1998).

Infine, è importante considerare le emissioni di mercurio causate dall'azione delle precipitazioni: si può avere, infatti, percolazione di mercurio da suoli contaminati e successiva diffusione nel terreno. Le acque di pioggia potenzialmente inquinate sono generalmente raccolte e insieme alle altre acque di scarico dell'unità produttiva sono convogliate all'impianto di trattamento. Nei settori di impianto dove non c'è pericolo di inquinamento l'acqua di pioggia viene convogliata nella rete fognaria.

C.4.2 Celle a diaframma

C.4.2.1 Emissioni in aria

Nel processo a diaframma, le emissioni in atmosfera sono costituita da asbesto e da emissioni fuggitive di cloro dalle celle e nei gas di fine processo.

C.4.2.2 Emissioni di asbesto

Le fonti potenziali principali di emissioni di asbesto in atmosfera sono la manipolazione dell'imballaggio, l'apertura e l'eliminazione dell'asbesto esausto. Le sorgenti di asbesto possono essere identificate nell'area di manutenzione della sala celle:

- compressore dei gas di scarico;
- forno di essiccamento del gas di scarico;
- stanza in cui si pesa l'asbesto nel gas di scarico.

Si stima che la concentrazione di fibre di asbesto nell'area di manutenzione della sala celle sia inferiore a 100000 fibre/m^3.

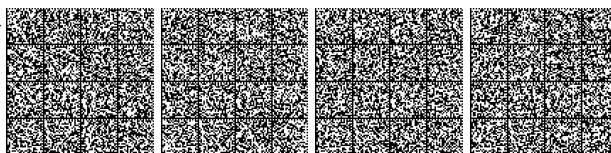
Le emissioni di asbesto dal sistema di essiccazione del diaframma si calcola siano 5 g per anno, corrispondente ad un'emissione di 0.036 mg di asbesto per tonnellata di cloro prodotto in un impianto con una capacità di 140000 tonnellate di cloro annue.

C.4.2.3 Emissioni in acqua e consumi di acqua

Nel passato l'impiego di anodi di piombo e grafite e diaframmi di asbesto causava seri problemi ambientali derivanti dalle emissioni di piombo, asbesto e idrocarburi clorurati nella soda caustica e nelle acque di scarico. Attualmente le modifiche costruttive hanno di molto migliorato la situazione.

Relativamente all'asbesto la Direttiva EC 87/217 ha come obiettivo specifico la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento da asbesto e fornisce limiti precisi per le emissioni in aria mentre per le acque l'indicazione è più generica in quanto prescrive che l'emissione di asbesto devono essere ridotte alla fonte e prevenute con tecniche "ragionevolmente praticabili".

Le acque di scarico nelle celle a diaframma sono originate principalmente dal condensatore durante l'evaporazione della soda caustica, l'essiccamento del cloro e la depurazione della salamoia del sale recuperato dagli evaporatori.

Alla fine del ciclo di durata del diaframma, l'asbesto viene rimosso dal catodo con un sistema di pulizia "water jet" ad alta pressione. L'asbesto nell'acqua di lavaggio viene rimosso per filtropressatura. Le emissioni riportate sono uguali a minor di 30 mg/l.

C.4.3 Celle a membrana

C.4.3.1 Emissioni dal processo a membrana

Le emissioni provenienti da impianti cloro-alcali che applicano la tecnologia a membrana sono, oltre il cloro, quelle collegate alla purificazione dalla salamoia, e i residui solidi generati dalle membrane utilizzate.

C.4.3.2 Emissioni in acqua

Le emissioni in acqua possono derivare dall'evaporazione della soluzione caustica, dall'essiccamento del cloro e dal lavaggio della resina a scambio ionico utilizzata per purificare la salamoia.

C.4.4 Processi ausiliari

C.4.4.1 Emissioni dal circuito della salamoia

C.4.4.1.1 Emissioni in aria

Le tre tecnologie di produzione di cloro alcali possono generare emissioni fuggitive di biossido di carbonio (CO_2). Quest'ultimo si forma durante l'acidificazione delle salamoia, in seguito alla decomposizione degli ioni carbonato e bicarbonato in acqua e CO_2. Questi ioni provengono dalle sostanze ausiliare utilizzate nella fase di purificazione, e si è osservato che la loro concentrazione è più bassa quando la salamoia viene riciclata e risaturata con sali solidi (nelle celle a membrana e a mercurio).

Le emissioni di CO_2 dovute all'acidificazione della salamoia sono circa 1.2 Kg/t Cl_2 prodotto.

Quando viene impiegata la tecnologia ad amalgama, si possono avere anche emissioni di mercurio provenienti dalla saturazione della salamoia.

C.4.4.1.2 Emissioni in acqua e consumi di acqua

In tabella 1 sono riportate le emissioni in acqua nei processi con riciclo eccetto il mercurio esaminato separatamente per le celle a mercurio.

Sostanza	*Emissioni (kg/t Cl)*
Solfato*	0.3-0.7 (sale evaporato) strettamente dipendenti dalla purezza 15 (sale di miniera) del sale alimentato
Cloruro	4-25
Ossidanti liberi	0.001-1.5 generalmente trattati prima dello scarico
Clorati	0.14-4
Metalli	dipendenti dalla purezza del sale alimentato
Idrocarburi clorurati (misurati come EOX)	0.03-1.16 g/t Cl_2

Tabella 1. Emissioni in acqua dal circuito della salamoia.

C.4.4.2 Emissioni da stoccaggio e lavorazione del cloro

C.4.4.2.1 Emissioni in aria

Le emissioni in aria, a seguito del trattamento, sono costituite da CO_2 e Cl_2 generato dal processo, dall'unità di distruzione del cloro e dal manipolazione e stoccaggio del cloro.

C.4.4.2.2 Emissioni in acqua e consumi di acqua

Da segnalare i solfati rilasciati dal lavaggio dei filtri a candele (demisters) utilizzati per trattenere le nebbe di acido solforico provenienti dalle torri di essicamento.

C.4.4.3 Stoccaggio e lavorazione di NaOH e KOH

C.4.4.3.1 Emissioni in acqua e consumi di acqua

Nel caso del processo a diaframma la concentrazione di NaOH al 50% a partire dal 10-12% dà luogo a notevole produzione di acqua nel caso del processo a diaframma sono evaporate circa 6 - 7 t di acqua per t di soda. Le acque di scarico prodotte contengono solfato di sodio, rame, ferro e nichel originati da processi di corrosione. I metalli vengono rimossi per filtrazione e/o riduzione elettrochimica.

Nelle celle a membrana l'acqua di scarico derivante dalla concentrazione della soda caustica normalmente priva di sali e/o solfato di sodio, viene solitamente riciclata.

Nel processo a mercurio la soda è già prodotta alla concentrazione del 50%. (Contiene mercurio che viene rimosso per adsorbimento su carbone attivo. Il carbone residuo contiene 150-500 g di mercurio/kg carbone).

C.4.4.3.2Emissioni sonore

Per i sistemi di trattamento delle acque e dei gas di scarico il documento ufficiale BRef di tipo trasversale (febbraio 2003) indica i processi ove il rumore può assumere una certa rilevanza (trattamento delle acque, dei solidi in sospensione, dei composti inorganici e dei gas esausti) evidenziando per ciascuno le sorgenti sonore predominanti (pompe, getti d'aria, compressori, ecc.).

C.5 Aspetti ambientali: produzione di rifiuti

Segue una descrizione delle emissioni di rifiuti nell'ambito dei processi di produzione relativi agli impianti cloro-soda.

C.5.1 Celle a mercurio

Nel processo con cella a mercurio vi sono diverse sorgenti di rifiuti contenenti mercurio, quali:

- fanghi provenienti dal trattamento delle acque di scarico o salamoia diluita
- solidi provenienti dalla purificazione della soluzione salina concentrata (residuo del filtro)
- solidi da filtrazione della soda
- grafite e carbone attivo proveniente dal trattamento delle correnti gassose
- grafite da celle del decompositore
- rifiuti da manutenzione, rinnovamento e demolizione.

Per avere un'idea dei tipi e delle quantità di rifiuto che sono generate, le tabelle2 e 3 riportano la produzione di rifiuto annua e relativo trattamento di due impianti svedesi: Akzo Nobel in Bohus e Hydro Polymers AB in Stenungsund. La produzione è basata su sale ottenuto per evaporazione sotto vuoto di acqua di mare. La quantità di rifiuto varia negli anni, poiché dipende da diversi fattori, tra cui il tipo di manutenzione fatta.

Tipo di rifiuto	t/anno	Contenuto di Hg prima del trattamento	Trattamento	Contenuto finale di mercurio mg/kg
Fanghi da depurazione salamoia	12-20	50-150 mg/kg	Discarica dopo la stabilizzazione	
Fanghi da tratt. delle acque di scarico	30-40	15-30 g/kg	Distillato Discarica dopo stabilizzazione	<10
Fanghi da carbone	2	150-300 g/kg	Distillato Discarica dopo stabilizzazione	20-200
Carbone da decompositore	2	15-30 g/kg	Distillato Discarica dopo stabilizzazione	20-200
Parti di costruzione acciaio/ferro	Variabile		Bagno acido Venduto come scarto	<5
Rifiuto di calcestruzzo e di altra costruzione	Variabile 5 nel 1998		In discarica come rifiuto pericoloso o come altro rifiuto, a seconda del suo contenuto.	>5 <5

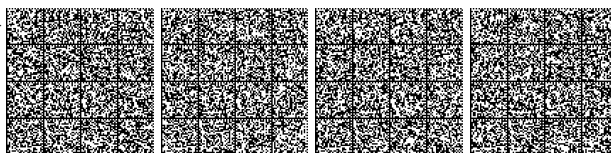
Tabella 2. Impianto Akzo Nobel in Bohus 1998/1999. Capacità annuale : 100000 tonnellate di cloro.

Tipo di rifiuto	t/anno	Contenuto di Hg prima del trattamento	Trattamento	Contenuto finale di mercurio mg/kg
Fanghi da depurazione salamoia	20-25	50-100 mg/kg	Discarica dopo la stabilizzazione	
Fanghi da tratt. delle acque di scarico	5-15	5-10 g/kg	Distillato Discarica dopo stabilizzazione	<10
Fanghi da carbone	2-3.5	150-450 g/kg	Distillato Discarica dopo stabilizzazione	20-200
Carbone da decompositore	0.5-1	150-300 g/kg	Distillato Discarica dopo stabilizzazione	20-200
Parti di costruzione acciaio/ferro	10-15		Bagno acido Venduto come scarto	<15
Rifiuto di calcestruzzo e di altra costruzione	1-3	10-400 mg/kg	Discarica dopo stabilizzazione	

Tabella 3. Impianto Hydro Polymers AB in Stenungsund. Capacità annuale : 120000 tonnellate di cloro.

Per stabilizzazione si intende il trattamento del rifiuto per ridurre la cessione di mercurio nell'eluato.

C.5.2 Celle a diaframma

I rifiuti solidi nel processo a diaframma consistono di scarti generati durante la purificazione della salamoia, di scarti delle celle, compreso le coperture di queste, le tubazioni ed i diaframmi usati.

C.5.2.1 Asbesto rimosso da diaframmi esausti

I diaframmi di asbesto nei moderni impianti di cloro-alcali hanno un tempo di vita approssimativamente di un anno. Dopo tale anno la cella e messa fuori uso, rimovendo l'asbesto dal catodo. La quantità si residui solidi per tonnellata di cloro prodotto va da 0.09 kg (circa 13.5 tonnellate di asbesto/anno, con una capacità di 150000 t Cl_2/anno) a 0.2 kg (circa 30 tonnellate di asbesto/anno, con una capacità di 150000 t Cl_2/anno). La quantità media di residui solidi riportata dall'industria è di 0.1 kg per tonnellate di cloro prodotto.

C.5.3 Celle a membrana

I rifiuti sono prodotti durante la purificazione primaria della soluzione salina (salamoia) e sono costituiti da materiali come, per esempio, quello fatto principalmente di cellulosa, utilizzato per la pre-copertura (precoating) delle tele dei filtri. I fanghi ottenuti filtrando la soluzione salina, sono quindi composti principalmente da alfa-cellulosa, contaminata da idrossidi di ferro e silice. Le resine a scambio ionico, utilizzate per la purificazione secondaria, sono sostituite molto raramente e rigenerate circa 30 volte all'anno.

C.5.4 Processi ausiliari

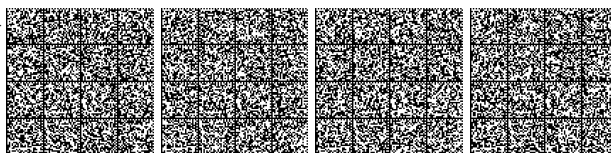
C.5.4.1 Emissioni dal circuito della salamoia

La quantità di fanghi derivanti dal processo di depurazione della salamoia dipende principalmente dal sale usato per la purificazione della salamoia:

TIPO DI SALE	QUANTITA' DI FANGO
Sale ottenuto per evaporazione sotto vuoto	120-775 g/t Cl_2 (12-77 t fango/anno per una capacità di produzione pari a 100000 t Cl_2/anno)
Salgemma	30 kg/t Cl_2 (3000 t fango/anno per una capacità di produzione pari a 100000 t Cl_2/anno)
Sale Marino	8-10 kg/t Cl_2

I sali precipitati derivanti dalla purificazione della salamoia sono poi rimossi dal circuito mediante decantazione (per salgemma e sale marino) e filtrazione. Dai filtri il fango è solitamente rimosso in modo discontinuo attraverso un lavaggio con una soluzione di acido cloridrico. La soluzione viene inviata al trattamento acque per la depurazione dal mercurio.
Nel processo ad amalgama infatti, i fanghi da depurazione della salamoia contengono mercurio.

C.5.4.2 Emissioni da stoccaggio e lavorazione del cloro

Per essiccare il cloro si utilizza acido solforico concentrato (92-98%). In genere si consumano più di 20 kg di acido solforico per tonnellata di cloro prodotto. L'acido esausto (recuperato generalmente alla concentrazione dell' 80 %) diventa quindi un un prodotto da ritrattare. Spesso l'acido esausto ritorna al fornitore per essere riconcentrato. L'acido esausto può anche essere usato per controllare il pH nel processo e nelle acque di scarico, per distruggere l'eccesso di ipoclorito oppure venduto per utilizzi che possono accettare questa qualità di acido.

C.6 Migliori tecniche e tecnologie

C.6.1 BAT di carattere generale per tutti gli impianti di produzione di cloro-alcali

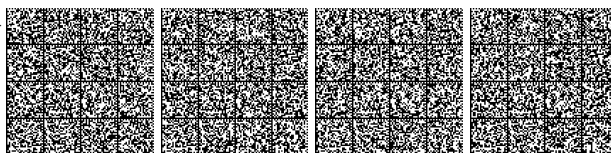
BAT di eccellenza per la cloro soda (come già ampiamente sottolineato) è da considerare la tecnologia delle celle a membrana in quanto presenta due vantaggi fondamentali rispetto alle altre tecnologie, non utilizza mercurio o asbesto ed è il processo più efficiente dal punto di vista energetico. Esistono però delle difficoltà oggettive per la riconversione degli impianti esistenti in quanto la maggior parte degli impianti di cloro-alcali in Europa occidentale è stata realizzata negli anni '70 e, considerando una vita media degli impianti di 40–60 anni, è difficile realizzare in tempi brevi senza notevoli ripercussioni economiche il cambiamento della tecnologia adottata. E'necessario, pertanto, oltre che per gli impianti a membrana, anche per le altre tecnologie (nella fase di transizione) adottare strategie gestionali tali da ridurre il forte impatto ambientale che caratterizza tali impianti. Le misure consigliate sono brevemente riportate nel seguito.

a) Adottare un efficiente sistema gestionale che sia in grado di minimizzare i rischi ambientali ed assicurare condizioni di lavoro salubri e prive di rischio.
   Il sistema gestionale include i seguenti aspetti:

   - un'adeguata formazione del personale che prevede una buona conoscenza di base delle proprietà del cloro, l'adozione di tecniche operative corrette, di procedure d'emergenza efficaci e di frequenti corsi d'aggiornamento professionale;
   - un'accurata analisi e valutazione dei maggiori rischi, che prevede la stesura di un rapporto scritto relativo alle misure ed alle procedure da eseguire in condizioni normali ed anomale;
   - un dettagliato rapporto sulle modalità di conduzione degli impianti in rispetto delle norme di sicurezza. Tali modalità comprendono:

     - un controllo continuo dell'impianto sotto la responsabilità di personale qualificato e con un'approfondita conoscenza delle caratteristiche nocive del cloro;
     - una conduzione conforme ai parametri definiti nel rapporto di sicurezza, che prevede regolari controlli ed ispezioni dei materiali potenzialmente pericolosi;
     - un adeguato programma di manutenzione delle apparecchiature: ad esempio dello stoccaggio, delle tubature, delle pompe e dei compressori;

   - un'accurata pianificazione delle procedure d'emergenza (regolarmente revisionate ed aggiornate);
   - un registro degli incidenti.

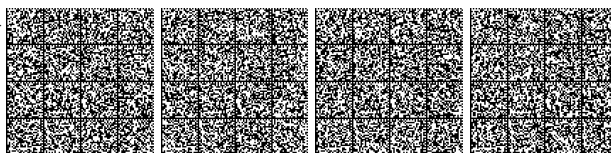
   Il sistema gestionale dovrebbe essere infine completato con appropriate misure tecniche, quali:

- sistemi di prevenzione e controllo di elevata efficienza, in particolare per le aree di carico;
- sistemi per il rilevamento ed il contenimento di eventuali perdite;
- adeguato sistema di protezione del personale.

Per quanto attiene alle misure di sicurezza, negli impianti di produzione di cloro-alcali sono essenzialmente dirette alla prevenzione di eventuali perdite di cloro liquido. Ciò si realizza mediante:

- adeguati sistemi di protezione contro eventuali sversamenti di liquido,
- scelta ponderata dei materiali da costruzione e regolare ispezione dei serbatoi;
- bacini di contenimento di materiali pericolosi;
- prevenzione delle impurità per evitare la formazione di miscele esplosive, misurando e controllando la concentrazione di idrogeno nel cloro gassoso e liquido e misurando e prevenendo il possibile accumulo di NCl_3;
- prevenzione dei guasti della rete di distribuzione dell'energia elettrica, installando generatori di emergenza che siano in grado di fornire la potenza necessaria alle apparecchiature di importanza vitale per l'intero impianto;
- prevenzione delle perdite di cloro adottando un sistema di raccolta e convogliamento del cloro all'unità di assorbimento ed installando efficaci sistemi di allarme;

In alcune unità di carico (o scarico) del cloro liquido il punto debole è rappresentato dal collegamento tra l'impianto, fisso, e i recipienti, mobili. Per limitare i rischi è necessario impiegare valvole pneumatiche, con chiusura automatica in caso di guasti, poste alla fine di entrambi i sistemi di collegamento. Soltanto un accurato studio di valutazione dei rischi, condotto per le singole installazioni, può fornire gli strumenti operativi necessari e le misure di sicurezza da adottare per evitare od arginare eventuali danni.
Nelle unità di stoccaggio alcune precauzioni comuni, che permettono di ridurre notevolmente i rischi, sono:

- installare efficaci sistemi di rilevamento e localizzazione delle perdite di cloro e di rapidi sistemi di isolamento delle cause;
- avere a disposizione almeno un serbatoio vuoto o con capacità sufficiente a contenere eventuali perdite;
- progettare accuratamente il sistema di tubazioni, in modo da minimizzare la lunghezza dei collettori di cloro liquido;
- limitare le giacenze di cloro liquido alla quantità strettamente necessaria

b) Installare un'unità di abbattimento del cloro che sia progettata in modo da assicurare in caso di emergenza, il totale assorbimento del gas prodotto fino all'arresto dell'impianto. In tal modo si prevengono quelle emissioni gassose che potrebbero generarsi in caso di malfunzionamento od irregolarità operative delle apparecchiature. L'assorbimento viene condotto in colonne a riempimento o in eiettori di tipo venturi utilizzando una soluzione diluita di soda caustica. In tal modo si forma ipoclorito di sodio.
L'unità di assorbimento generalmente e progettata per garantire una concentrazione di cloro nel gas effluente di 5-10 mg/m^3 nelle peggiori situazioni. In normali condizioni operative la concentrazione finale del cloro è inferiore a 1-3 mg/m^3 nel caso di parziale liquefazione, ed inferiore a 3-6 mg/m^3 , in caso di liquefazione totale.

Se l'ipoclorito di sodio non può essere riutilizzato (o eventualmente commercializzato) deve essere distrutto prima dello scarico. L'effluente proveniente da tale processo di distruzione può causare effetti diversi sul corpo idrico ricevente, in relazione al tipo di trattamento impiegato per abbattere il sale:

- la riduzione chimica può raggiungere un'efficienza di rimozione superiore al 95% in relazione alla quantità di additivi chimici utilizzati;
- la riduzione catalitica presenta un'efficienza maggiore se la reazione viene condotta in un reattore a letto fisso (da una soluzione al 15% in peso si ottiene una concentrazione finale di ossidante libero inferiore a 10 mg/l a temperatura e pressione ambiente);
- la decomposizione termica è caratterizzata da un'efficienza depurativa del 95%;
- il recupero del cloro mediante acidificazione della soluzione di ipoclorito è una tecnica ampiamente utilizzata nei grandi siti industriali, dove si ha larga disponibilità di acido solforico esausto (proveniente dal processo di essiccamento del cloro);
- acido cloridrico in soluzione acquosa che è disponibile in impianto.

c) Minimizzare il consumo ed evitare lo scarico di acido solforico mediante l'adozione di uno dei seguenti trattamenti:

- concentrazione in loco in evaporatori a ciclo chiuso: il consumo di acido si riduce, in tal modo, a 0.1 kg/t di cloro prodotto;
- usare l'acido esausto per controllare il pH sia durante il processo, che nelle correnti acquose di scarico;
- vendere l'acido esausto;
- riciclare l'acido esausto, direttamente al processo di produzione, per la riconcentrazione.

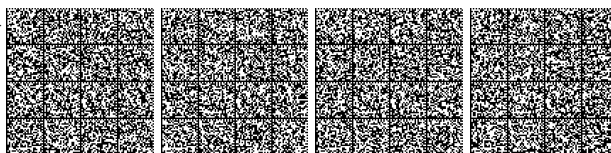
d) minimizzare lo scarico in acqua di ossidanti liberi mediante l'uso di:

- reattori catalitici a letto fisso;
- riduzione chimica;
- qualsiasi altro metodo che assicuri risultati analoghi.

Le emissioni in acqua di ossidanti liberi, associate all'adozione delle BAT, sono inferiori a 10 mg/l.

e) adottare processi di purificazione e liquefazione del cloro che non usino il tetracloruro di carbonio (CCl_4) per abbattere il Tricloruro di azoto.

Le tecniche disponibili a tale riguardo per abbattere il tricloruro di azoto (NCl_3) sono:

- adsorbimento su filtri a carbone attivo, che permette di rimuovere anche altri composti organici. Il NCl_3 è decomposto in azoto e cloro;
- irradiazione con luce ultravioletta;

- decomposizione del NCl_3 mediante l'uso di leghe, soprattutto a base di rame, a temperatura di 80-100°C;
- eliminare il NCl_3 mediante reazione chimica, ad esempio, assorbendo il cloro, che contiene il NCl_3, in alcali caustica;
- eliminare l'azoto (ammoniacale) nella salamoia.

Come già detto sopra è comunque sempre meglio mettere in atto tutte quelle azioni di controllo che consentano di evitare la produzione di tricloruro di azoto e nello stesso tempo monitorarne l'eventuale presenza nel processo

- l'idrogeno coprodotto in elettrolisi dovrebbe essere sempre utilizzato come reattivo chimico o in alterntiva come combustibile al fine di conservare le risorse disponibili.

C.6.2 BAT relative alle celle a membrana

Le BAT specifiche per le celle a membrana includono le seguenti procedure:

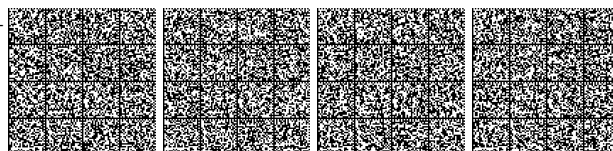
- Minimizzare lo scarico di clorati (ClO_3^-) e bromati (BrO_3^-) nell'acqua, mediante i seguenti accorgimenti:
  - creare un ambiente acido nella zona anodica (pH 1-2) per ridurre al minimo la formazione di clorati e bromati. L'acidità dell'anodo è un dato di progetto delle celle a membrana, e non può essere modificata senza creare un'alterazione del processo stesso;
  - distruggere i clorati nel circuito della salamoia prima dello spurgo.

Le concentrazioni residue di clorato e bromato, associate all'adozione delle BAT, nel circuito della salamoia sono, rispettivamente, pari a 1-5 g/l e 2-5 mg/l (il livello di bromato dipende da quello presente nel sale).

C.6.3 BAT relative alle celle a mercurio

La BAT consiste nel convertire l'impianto adottando la tecnologia delle celle a membrana.

Durante il ciclo di vita finale dell'impianto che sfrutta la tecnologia delle celle a mercurio, è necessario adottare tutte le seguenti procedure di sicurezza per garantire la tutela dell'ambiente.

- Minimizzare le emissioni di mercurio in aria, in acqua e con i prodotti adottando le seguenti misure:
  - impiegare materiali ed apparecchiature e, se possibile, un particolare schema di impianto (ad esempio, aree del sito dedicate a specifiche attività), che siano in grado di assicurare le minime emissioni di mercurio, dovute ad evaporazioni o perdite. Relativamente alle emissioni in acqua, la BAT consiste nel riciclare le

correnti nel processo, ma alcune di esse devono essere necessariamente trattate prima dello scarico. In questo secondo caso, il primo passo per ridurre le emissioni di mercurio in acqua, consiste nel ridurre la portata di acqua da trattare. Generalmente la concentrazione di mercurio negli scarichi acquosi può essere ridotta adottando un certo numero di trattamenti quali:

- sedimentazione del metallo solido, seguito da una precipitazione chimica con solfuri (NaHS);
- solubilizzazione del mercurio, seguita da una filtrazione su resine a scambio ionico;
- riduzione con idrossilammina, seguita da una filtrazione su filtri a carbone attivo;
- precipitazione chimica con solfidrato di sodio (NaHS) seguita da una filtrazione;
- ossidazione del mercurio con cloro per ottenere cloruro di mercurio (Hg_2Cl_2) e adsorbimento del sale mediante resine a scambio ionico (De Nora).

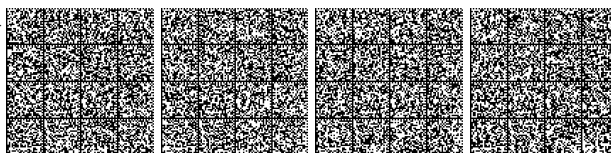
- Adottare sistemi di gestione idonei e motivare il personale;
- pianificare opere di manutenzione e riparazione regolari delle apparecchiature
- minimizzare la portata degli scarichi e dei loro trattamenti
- ridurre il livello di mercurio nella soda caustica.

Le migliori prestazioni hanno permesso di realizzare livelli di emissioni di mercurio di 0.2-0.5 g_{Hg}/t di cloro prodotto, come media annuale ed in particolare, negli scarichi acquosi, la concentrazione di mercurio è compresa nell'intervallo 0.004-0.055 g_{Hg}/t di cloro prodotto.

- Minimizzare le emissioni di mercurio, generate dalla manipolazione, stoccaggio, trattamento e smaltimento degli scarichi contaminati da tale elemento:

  - adottando un programma gestionale accuratamente pianificato con la collaborazione delle autorità competenti;
  - minimizzando gli scarichi contaminati da mercurio;
  - riciclando il più possibile il mercurio recuperato dalle correnti di scarico;
  - trattando gli scarichi contaminati per ridurne il contenuto di mercurio;
  - stabilizzando gli scarichi contaminati prima dl loro smaltimento;
  - pianificando lo smaltimento, durante e dopo l'arresto del processo, con quelle modalità che assicurano non solo un ridotto impatto ambientale, ma anche la tutela della salute pubblica.

C.6.3.1 Procedure di arresto definitivo

Prima di procedere all'arresto definitivo dell'impianto è necessario formare un gruppo di lavoro, il cui compito è quello di pianificare accuratamente il programma di smaltimento. Lo staff dovrà focalizzare l'attenzione sulle modalità di attuazione delle seguenti attività:

- lavaggio e demolizione dei fabbricati;
- recupero del mercurio;
- trattamento e smaltimento dei materiali generati durante il lavaggio, la demolizione dei fabbricati, delle tubature, ecc.;
- programmazione delle attività di trasporto e demolizione;
- controllo accurato delle emissioni di mercurio in aria ed in acqua;
- tutela del personale coinvolto nella realizzazione del progetto;
- valutazione di una potenziale contaminazione del sito e delle aree limitrofe, ponendo particolare attenzione alle condizioni del suolo dei depositi di scarico e dei depositi nei corsi d'acqua.

C.6.4 BAT relative alle celle a diaframma

La BAT consistono nel:

- convertire l'impianto adottando la tecnologia delle celle a membrana;
- impiegare celle a diaframma prive di asbesto.

Durante il ciclo di vita finale dell'impianto che sfrutta la tecnologia delle celle a diaframma, è necessario adottare tutte le seguenti procedure di sicurezza per garantire la tutela ambientale:

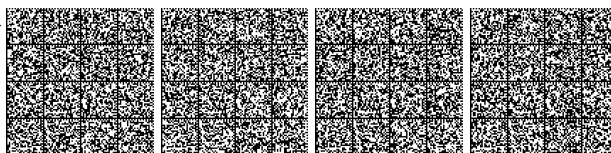
- prolungare la vita del diaframma mediante l'uso di salamoie pure, di diaframmi migliori ed impiegando quelle tecnologie che non accelerano l'attacco chimico dell'asbesto. E' possibile prolungare il ciclo di vita del diaframma ad un anno (in alcuni impianti si è realizzato un ciclo di vita di 5 anni). Il consumo medio annuale di asbesto può essere ridotto a circa 0.1 kg per tonnellata di cloro prodotta.
- minimizzare le emissioni in acqua di asbesto utilizzando filtri a pressione che consentono di ottenere livelli residui medi di asbesto (su base annuale), negli scarichi acquosi, pari a 0.1g/t Cl prodotta.
- adottare trattamenti chimici e termici per rimuovere l'asbesto dagli scarichi.

D. APPROFONDIMENTO, OVE NECESSARIO, DELLE TECNICHE ANALIZZATE NEI BREF COMUNITARI E DEFINIZIONE, OVE POSSIBILE, DEL RANGE DI PRESTAZIONE DELLE DIVERSE TECNICHE

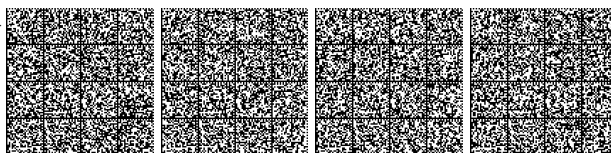
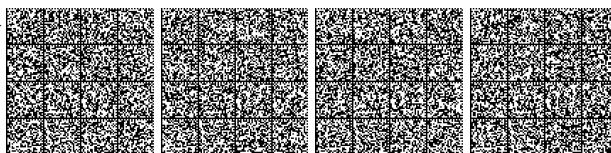
D.1 Descrizione delle BAT per le Celle a mercurio

D.1.1 Minimizzazione delle emissioni di mercurio dalla cella

Le misure più importanti per ridurre le emissioni derivanti dalla sala celle sono riassunte nella scheda seguente.

Monitoraggio di possibili perdite e recupero di mercurio	
• Monitoraggio della concentrazione di mercurio all'interno della sala celle. • Rimozione dello sversamento di mercurio - Pulizia e ordine giornalieri dell'impianto. - Aspiratori per il recupero del mercurio - Intervento immediato in caso di perdite (assistito da una corretta pulizia e da un monitoraggio), seguito da isolamento immediato del mercurio in contenitori chiusi. • Impiego dell'acqua per le operazioni di pulizia: evitare pressioni troppo elevate che possono generare microgoccioline difficili da rilevare, in modo particolare durante la pulizia della sala al livello delle celle.	*Scopo: Intervenire tempestivamente per evitare l'evaporazione del mercurio.*

Corretta gestione dell'impianto	
• Progettazione della sala celle Pavimentazione liscia senza crepe e regolarmente pulita Nessun ostacolo (evitare ogni tipo di stoccaggio) Pavimentazione della sottosala celle rivestito con un materiale resistente all' assorbimento di mercurio (ad es. resina epossido/acrilato) e colorato per vedere le goccioline E' preferibile non utilizzare legno all'interno della sala celle Evitare la formazione di sacche nascoste di mercurio sui supporti delle tubazioni e sui tracciati dei cavi (ad es.fissare i supporti dei cavi verticalmente) Sistema di illuminazione efficace.	*Scopo: Evitare il più possibile ogni accumulo di mercurio*

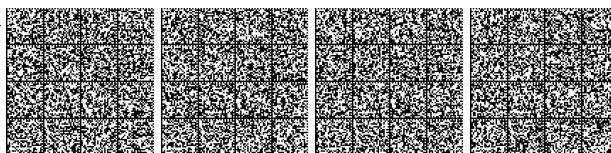
Influenza di fattori umani	
• Sviluppare metodologie di corretta gestione dell'impianto • Igiene personale • Pulizia giornaliera degli abiti del personale • Operazioni dettagliate per tutti i lavori di servizio e igiene per la sala celle	*Scopo: Motivare, educare e istruire il personale alla riduzione complessiva delle emissioni*

Misure a valle	*Scopo: Recuperare il mercurio emesso durante il processo o le operazioni di manutenzione*
• Hg rimosso dall'idrogeno • Hg rimosso dalla soda caustica • Allontanamento e trattamento dei gas residui del processo contenenti mercurio da: - Testate uscita delle celle chiuse con aspirazione e ventilazione separata - Sistema di aspiratori - Tenute delle pompe del mercurio - Circuito salamoia e dissolutore del sale - Gas di scarico dal sistema di distillazione per il recupero del mercurio • Rimozione del mercurio dalle acque di scarico • Stoccaggio al chiuso di rifiuti e pezzi contaminati da mercurio	

Misure integrate con il processo	
• Durante le operazioni consuete - Impiego di sale con bassi tenori di impurezze - Verificare e pulire i conduttori tra le celle per una buona distribuzione della corrente - Monitorare la pressione del mercurio	*Scopo: Evitare l'apertura delle celle*
- Misuratore di portata del mercurio circolante in cella	*Maggiore affidabilità delle celle e minori rifiuti prodotti*
- Quantità ottimale di mercurio all'interno delle celle (controllo del livello)	*Frequenze di apertura più basse per la rimozione dei burri*
- Anodi regolabili sui vari segmenti della cella	
- Controllo computerizzato della distanza tra gli elettrodi, corrente e differenza di potenziale	*Meno sviluppo di calore, emissioni più basse di mercurio*
- Prendere in considerazione la riattivazione della grafite senza l'apertura del decompositore (per esempio: trattamento con molibdato di sodio, trattamento con solfato di ferro, trattamento con cobalto)	*Aumento della vita del carbone nel decompositore*
- Utilizzo di un data base computerizzato per tenere sotto controllo la vita dei componenti della cella	*Sostituzioni e riparazioni coordinate con l'apertura della cella*

• Durante le operazioni che richiedono l'apertura delle celle - Istruzioni dettagliate e programmazione per lo smontaggio delle celle - Celle raffreddate prima e durante l'apertura - Ridurre la durata di apertura della cella mediante: ◆ Disponibilità di parti di ricambio ◆ Disponibilità di Manodopera ◆ Se praticabile, disponibilità di un decompositore di scorta completamente assemblato con grafite - Fondi cella puliti e coperti durante le manutenzioni - Apposite Aree dedicate per la manutenzione e la riparazione delle celle oppure schermi mobili con canale di aspirazione per la rimozione del mercurio - Evitare l'uso di manichette di gomma per la movimentazione del mercurio perché di difficile decontaminazione - Evitare per quanto possibile di camminare sul fondo cella per la difficoltà di decontaminazione delle calzature - In caso di sospensione delle operazioni di manutenzione tutte le parti da cui può evaporare il mercurio devono essere coperte	*Scopo: Ridurre l'evaporazione del mercurio e mantenere un controllo migliore del mercurio emesso*

D.1.2 Rimozione del mercurio dai gas residui del processo

I gas residui del processo sono tutte le altre correnti gassose attraverso le quali il mercurio può essere emesso in atmosfera, oltre che all'aria di ventilazione delle celle e al processo di recupero dell'idrogeno. I gas residui si devono convogliare al trattamento per la rimozione del mercurio. Le sorgenti principali sono le testate uscita delle celle e gli sfiati delle tenute della pompa del mercurio. Gli aspiratori sono collegati solitamente ad un sistema separato di ventilazione.

D.1.2.1 Adsorbimento su carbone attivo

Il mercurio contenuto nei gas di scarico può essere rimosso attraverso adsorbimento su carboni attivi impregnati di zolfo oppure iodio.

D.1.2.2 Reazione al calomelano

Il mercurio contenuto nel gas di scarico è convertito ad Hg_2Cl_2 (calomelano) aggiungendo cloro. Hg_2Cl_2 è poi assorbito in una colonna impaccata. L'impaccamento della colonna può essere rigenerato usando una soluzione salina contenente cloro, che è riciclata all'interno del ciclo della soluzione salina nelle celle a mercurio.

D.1.2.3 Lavaggi con salamoia clorata o con ipoclorito

In generale, tali processi coinvolgono colonne impaccate con un flusso in controcorrente di ipoclorito o soluzione salina clorurata. Attraverso il lavaggio del gas con salamoia clorata si genera $HgCl_2$, che forma complessi cloro-mercurio solubili. Il cloro deve essere rimosso e la salamoia può essere riciclata. Attraverso lavaggi con soluzione alcalina di ipoclorito, il mercurio contenuto nei residui del processo viene anche ossidato, ma non è necessaria alcuna rimozione successiva di cloro. Il gas depurato deve passare tramite un separatore per rimuovere le goccioline liquide in esso trattenute. Il mercurio viene recuperato attraverso il circuito salamoia.

D.1.3 Rimozione del mercurio dall'idrogeno prodotto

La concentrazione di equilibrio del mercurio nell'idrogeno è funzione della temperatura e della pressione. Il flusso di idrogeno che lascia il decompositore è ad una temperatura di 90-130 °C, e quasi saturo di vapore di mercurio (fino a 400 mg/m^3). La maggior parte del mercurio viene condensato e recuperato raffreddando il flusso del gas in uscita in una o più fasi. Lo stadio di raffreddamento è seguito normalmente dall'adsorbimento su carbone attivo impregnato con zolfo o iodio, ma sono indicate anche altre tecniche.

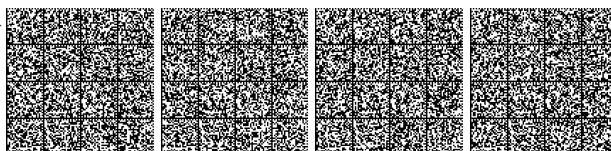
D.1.3.1 Lavaggi con soluzione salina clorurata o con ipoclorito

Come descritto in precedenza. Si veda la sezione circa rimozione di mercurio dagli scarichi trattati.

D.1.3.2 Adsorbimento su carbone attivo

Il mercurio contenuto nell'idrogeno è rimosso attraverso adsorbimento su carbone attivo impregnato con zolfo o iodio, permettendo di ottenere una concentrazione di mercurio nella corrente di H_2 di 0,002- 0,015 mg/m^3. Si noti che si generano residui contaminati da trattare.

D.1.1.3.4 Adsorbimento sugli ossidi di argento/zinco oppure di rame/alluminio

Dall'adsorbimento su ossido di rame/alluminio o su ossido di argento/zinco si può raggiungere una concentrazione di mercurio inferiore ad 0,001 mg Hg/m^3 di idrogeno.

D.1.3.5Trattamento dei rifiuti contenenti mercurio, compreso il recupero del mercurio

I vari processi, sopra descritti, per il trattamento dei flussi gassosi, liquidi e dei prodotti contenenti mercurio portano a rifiuti solidi contaminati da mercurio. Inoltre, ci sono anche rifiuti solidi, derivanti da operazioni di manutenzione, costruzione e demolizione, che possono contenere mercurio.

Prima del trattamento, è essenziale caratterizzare ogni rifiuto secondo tipo, stato chimico e concentrazione di mercurio in esso presente. Preferibilmente, la caratterizzazione dovrebbe essere condotta attraverso delle analisi; tuttavia, per loro natura, i rifiuti solidi non sono omogenei, rendendone difficile il campionamento. Ciò può comportare che siano fatte delle stime. I materiali variano da: fanghi semisolidi derivanti dai trattamenti di depurazione di acqua, salamoia e soda (potassa) , grafite e carbone attivo dal trattamento dei gas, dai residui del processo di distillazione *(retorting)* del mercurio recuperato da serbatoi e pozzetti , a varie apparecchiature metalliche contaminate, a volte rivestite con materiali organici, quali la gomma. Il mercurio può essere presente sia come mercurio metallico che sottoforma di composti inorganici.

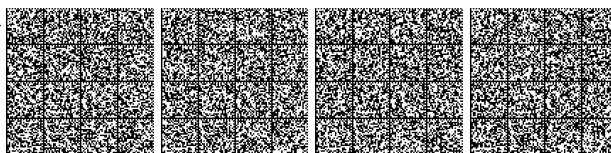
In tabella 4 si sintetizzano le varie possibilità di trattamento dei rifiuti contenenti mercurio.

	Recycle or recovery techniques				**Disposal techniques**
	Physical/ mechanical treatment *	Washing	Chemical treatment	Distillation	Landfill or underground storage
Maintenance materials					
Solids from water & brine treatment					
Solids from caustic treatment					
Solids from gas treatment; graphite from decomposers					
Solids from retorts					
Notes	Metallic mercury recovered directly from treatment			For distillation residues, see "Solids from retorts"	

* includes cryogenic and thermal options

Tabella 4. Possibilità di trattamento per i rifiuti contenenti mercurio

Un programma di gestione dei rifiuti dovrebbe essere elaborato in ogni impianto, dopo consultazione con le autorità competenti.

Esso dovrebbe includere:

- le istruzioni e le annotazioni necessarie per seguire le procedure suggerite;
- una descrizione dei vari tipi di rifiuti che vengono prodotti ed i modi per minimizzarne la produzione;
- metodi per la quantificazione dei vari tipi di rifiuto;
- procedure di stoccaggio per i vari tipi di rifiuti;
- procedure di trattamento compreso la stabilizzazione e la destinazione finale dei rifiuti. Si deve descrivere qualsiasi trattamento effettuato sui rifiuti ed eventuali eliminazione fuori sede;
- metodi e frequenze di campionamento e di analisi prima e dopo il trattamento effettuato sui rifiuti;

La scelta di attrezzature, di materiali e dei processi e dei metodi di funzionamento dovrebbe essere rivolta alla riduzione dei rifiuti ed il mercurio dovrebbe essere riciclato ove possibile all'interno del processo.

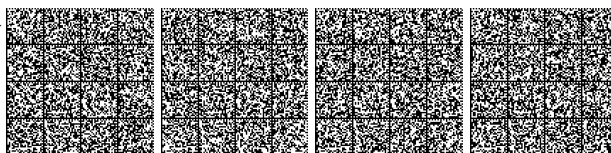
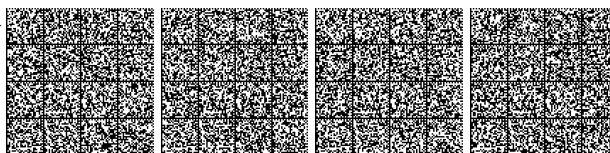
La tabella 5 mostra alcune tecniche disponibili per il trattamento di rifiuti contenenti mercurio, descritti in modo più dettagliato nella tabella sottostante, insieme alle prestazioni tipiche.

Waste type	**Characteristics/ Typical Amounts**	**Hg content before treatment**	**Treatment**	**Final mercury content (mg/kg)**
Brine sludge	Inorganic waste Up to 20 000 g/t Cl_2 depending on salt quality	<150 mg/kg	Landfilled after stabilisation	
Waste water treatment sludge	Activated carbon 50-400 g/t Cl_2	10-50 g/kg	Distillation Landfilled after stabilisation	Hg recovered <10 in residue
Carbon sludge from caustic filtration	Activated carbon 20-50 g/t Cl_2	150-500 g/kg	Distillation Landfilled after stabilisation	Hg recovered 20-200 in residue
Decomposer carbon	Activated carbon 10-20 g/t Cl_2	10-100 g/kg	Distillation Landfilled after stabilisation	Hg recovered 20-200 in residue
Filters from gaseous exhausts	Activated carbon 10-20 g/t Cl_2	100-200 g/kg	Chemical treatment Landfilled after stabilisation	Hg recovered 20-200 in residue
Sludges from storage tanks, sumps etc	Can contain considerable amounts	Often high mercury content	Distillation	Hg recovered
Rubberlining	Variable	Variable	Acid bath, cryogenic and/or washing Incineration	300
Coated metallic materials	Contamination of surface	Usually <0.1%	Thermal, cut and washed, or cryogenic	
Steel/iron construction parts	Amounts vary	Non-homogeneous Usually <1%	Acid bath Sold as scrap	<5-10
Concrete and other construction waste	Amounts vary	Non-homogeneous Usually <0.1%	Landfilled as hazardous waste or as other waste depending on content	>10 < 10

Tabella 5. Alcune tecniche disponibili con le tipiche prestazioni per il trattamento dei rifiuti contenenti mercurio.

La legislazione riguardo ai rifiuti contenenti mercurio differisce da nazione a nazione. Alcuni paesi non hanno metodi per il recupero del mercurio e stoccano tutti i rifiuti sia in depositi sotterranei, quali miniere, sia in discariche sicure. Ciò inoltre influenza il modo con cui viene trattato, maneggiato, considerato ed identificato il rifiuto contenente mercurio.

D.1.4 Fanghi da salamoia

Se la salamoia che lascia le celle contiene ancora quantità residue di cloro , il mercurio rimarrà in una forma ionica solubile. Quindi, quando la soluzione viene filtrata per rimuovere le impurità che sono precipitate, l'unica contaminazione di mercurio proviene dal mercurio

solubile nelle acque madri trattenuto dai residui di filtrazione. Esso può essere rimosso lavando il residuo prima di eliminarlo. Ci sarà perciò pochissimo mercurio nei solidi finali che possono essere inviati in una normale discarica. In determinati casi, per come è costruito l'impianto, non è possibile mantenere un eccesso di cloro nel ciclo della soluzione salina. In tali circostanze si può lavare il residuo di filtrazione con ipoclorito, in modo da risolubilizzare il mercurio, che può essere recuperato nel circuito salamoia. Ciò può tuttavia causare problemi con il bilancio dell'acqua. L'alternativa è la distillazione o l'invio a discarica dei fanghi , a seconda dei tenori di mercurio. L'impiego di sale depurato per evaporazione sotto vuoto minimizzerebbe le quantità da distillare o da inviare in discarica.

I fanghi possono essere distillati per il recupero del mercurio o essere stoccati in situ, in genere dopo il trattamento per convertire il mercurio in solfuro insolubile.

D.1.5 Rifiuti solidi

Trattamento meccanico/fisico (compreso il trattamento criogenico e termico

Il trattamento meccanico può essere applicato se sono presenti quantità significative di mercurio metallico. Le tecniche includono spazzolatura, vibrazioni ad ultrasuoni, pulizia sottovuoto e/o congelamento ad azoto (per acciaio ricoperto da gomma). Il trattamento termico, per esempio la sabbiatura calda in un letto fluidizzato o la pirolisi in una fornace, è un'alternativa per i materiali rivestiti da metallo. Per quanto riguarda ogni tipo di trattamento, un'attenzione speciale dovrebbe essere rivolta alla minimizzazione delle emissioni di mercurio in aria ed ad evitare gli effetti incrociati.

D.2 Descrizione delle BAT per le Celle diaframma

D.2.1 Abbattimento delle emissioni e degli scarichi di asbesto

Le maggiori sorgenti potenziali di emissioni in aria sono la deposizione del diaframma, le celle funzionanti con residui di asbesto e lo smaltimento dell'asbesto esausto. Anche l'acqua contaminata deve essere raccolta e riciclata quanto più possibile.

Il personale esposto all'asbesto deve essere munito di apparecchiature di protezione individuale ed essere sottoposto ad un programma di controllo della salute personale.

Le emissioni di asbesto secco possono essere ridotte attraverso diverse azioni:

- Evitando le emissioni in aria durante la distribuzione, lo scarico e la manipolazione dell'asbesto secco.
- L'asbesto è di solito distribuito ai produttori di cloro-alcali secco e impacchettato in sacchi ricoperti con materiale non poroso (es. pellicole di plastica), per minimizzare la probabilità di avere sacchi rotti e, quindi, la perdita di materiale. L'asbesto dovrebbe essere stoccato e maneggiato in un'area isolata e chiusa, con un accesso ristretto, e indicata con segnali di avvertimento specifici.
- Per la manipolazione di asbesto secco alcune compagnie utilizzano sistemi automatici robotizzati. Con tale tecnologia, lo scarico e l'apertura dei sacchi vengono effettuati in stanze totalmente incapsulate, che contengono camere sotto pressione ridotta. In tali stanze non è necessaria la presenza di personale addetto, non essendo appunto necessario nessuna manipolazione dell'asbesto secco da parte del personale.
- Evitando le emissioni durante la preparazione e la deposizione del diaframma.

- Evitando le emissioni da asbesto esausto.
- Dopo un certo tempo, infatti, i diaframmi di asbesto devono essere sostituiti. L'asbesto esausto viene rimosso dal corpo del catodo attraverso la tecnica di hydroblasting, che deve essere applicata in un luogo chiuso per prevenire emissioni di asbesto durante l'essiccamento.
- Evitando le emissioni generate dalla cottura in forno dei catodi di diaframma verde. Può essere quindi necessario un filtro per ridurre tali emissioni.

Inoltre, è necessario anche evitare l'essiccamento di asbesto umido che diventa perciò aerodisperso. Nella camera di manipolazione, l'asbesto viene trattato in condizioni umide. L'asbesto sospeso in acqua non è potenzialmente dannoso per l'atmosfera. Se però si verificano sversamenti o cambiamenti del livello della sospensione, l'asbesto può seccarsi e disperdersi nell'aria. Quando l'acqua viene scaricata, l'asbesto può potenzialmente disperdersi nell'aria se è trasportato in aree in cui può seccarsi. Perciò, all'interno dell'impianto tutti gli sversamenti dovrebbero essere immediatamente rimossi e tutti i posti in cui l'asbesto si può seccare dovrebbero essere ripuliti periodicamente.

Per quanto riguarda i rifiuti, si possono applicare trattamenti chimici e termici per denaturare l'asbesto in essi presente. Il processo di vetrificazione è uno di questi. Durante questo processo, la struttura della fibra di asbesto viene distrutta e convertita, attraverso appunto un trattamento termico, in strutture di silicato tipo sabbia. Ovviamente c'è da tener presente l'energia consumata durante tale processo.

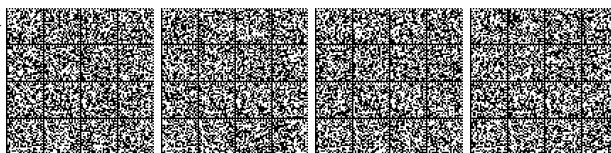
I rifiuti contenenti asbesto possono essere scaricati, purché ciò sia effettuato in maniera conforme alle norme nazionali sull'asbesto.

Il monitoraggio dell'asbesto sospeso in aria viene realizzato attraverso un filtro usando un sistema di campionamento con una piccola pompa portatile. Le fibre sono poi generalmente conteggiate attraverso un microscopio elettronico solo da personale molto competente. I risultati sono espressi in numero di fibre/m^3 di aria.

L'applicazione quindi di: sistemi automatici, asbesto chiuso e fissato nel corpo della cella, sistemi moderni per il monitoraggio e il controllo, elevati standards di igiene industriale e una buona disciplina nell'effettuare le operazioni, permettono di raggiungere concentrazioni di asbesto nel luogo di lavoro e nell'atmosfera esterna minori di 1000 fibre/m^3. Tuttavia, tali misure generano rifiuti o fanghi contaminati da asbesto, in genere smaltiti in discarica. Durante la discarica devono essere prese molte precauzioni soprattutto per evitare l'essiccamento. Un altro aspetto da tener presente sono i costi, che, a seconda dell'apparecchiatura installata, possono esser piuttosto alti.

D.2.2 Diaframmi privi di asbesto

Su scale industriale sono state diffuse delle appropriate alternative allo scopo introdurre una nuova tecnologia di diaframma senza asbesto. Alcuni requisiti dei diaframmi privi di asbesto sono:

- procedure di deposizione uguali a quelle impiegate coi diaframmi ad asbesto
- adatta permeabilità (che previene la reazione di cloro con OH^- e isola il cloro dall'idrogeno per ragioni di sicurezza)
- stabilità chimica (inerte all'ossidazione)
- meccanicamente resistente

- possibilità di ottenere un'alta efficienza di corrente sotto un ampio intervallo di densità di corrente.

La ricerca sui diaframmi privi di asbesto viene condotta anche per i seguenti obiettivi:

- raggiungere un più lungo tempo di vita
- ottenere un più vantaggioso consumo di energia
- conciliare sicurezza e necessità ambientale

Oggi ci sono due brevetti applicati su scala commerciale: il diaframma OxyTech's Polyramix (PMX) (miscela di PTFE contenente all'interno particelle di ZrO_2 e di particelle di ZrO_2 libere) e il diaframma PPG's Tephram (PTFE con ossidi di zirconio o di titanio incorporati).

VANTAGGI

Con tali diaframmi è quindi possibile evitare sia i consumi che le emissioni di asbesto. Anche l'uso di energia risulta ridotto, pur dipendendo dalle condizioni operative.

SVANTAGGI

I diaframmi PMX richiedono l'uso di pesticidi in sospensione per evitare la fermentazione della gomma naturale utilizzata per sospendere le fibre dense nel bagno di deposizione. Le acque di scarico sono abbastanza alcaline e contengono composti organici provenienti dallo strato in sospensione.

I diaframmi Tephram, invece, richiedono il "doping" durante l'operazione per mantenere la bagnabilità e la permeabilità richieste.

Impianti

Gli impianti che applicano già celle a diaframma PMX sono:

- Vulcan Chemicals, Geismar, Louisiana, USA (convertito in diaframmi PMX dal 1993)
- Elf Atochem in Fos sur Mer e in Lavera, entrambi in Francia

Molti altri impianti, soprattutto negli Stati Uniti, stanno testando i diaframmi PMX nelle loro celle ed alcune di queste celle operano ancora, dato il lungo tempo di vita dei diaframmi PMX.

Gli impianti che invece applicano i diaframmi PPG's Tephram sono:

- PPG Natrium, West Virginia, USA
- PPG Lake Charles, Louisiana, USA

Inoltre, altri sei impianti stanno attualmente sperimentando celle con diaframmi PPG.

D.2.3 Conversione degli impianti a diaframma in impianti a membrana o in impianti a diaframma privo di asbesto.

D.2.3.1 Conversione in impianti a membrana

I cambiamenti più importanti, subiti dagli impianti a diaframma nella conversione in impianti a membrana, sono:

- addizionale purificazione della soluzione salina concentrata (brina), anche con l'applicazione di tecniche a scambio ionico e di trattamenti modificati per il controllo di altre impurezze
- addizionale declorazione della soluzione salina per proteggere le resine a scambio ionico
- inserimento nella stanza della cella di un sistema per il ricircolo di soda
- cambiamenti nelle celle di elettrolisi.

Tuttavia non si conoscono ancora impianti a diaframma convertiti in impianti a membrana.

D.2.3.2 Conversione in celle a diaframma senza asbesto

In alcuni casi i diaframmi Tephram possono sostituire direttamente i vecchi diaframmi, mentre questi ultimi possono essere sostituiti dai diaframmi PMX solo se si sostituiscono anche i catodi. Allo stato attuale, non sono note altre variazioni nel progetto.

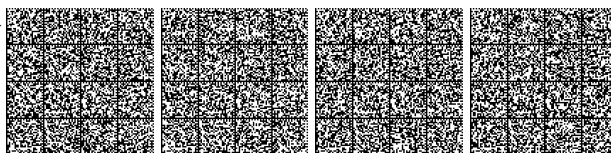
Entrambe le conversioni permettono di evitare le emissioni di asbesto e, nel caso delle membrane, di ridurre significativamente l'uso di energia. Un altro vantaggio raggiunto con le celle a membrana è l'elevata tolleranza alle fluttuazioni di energia, molto importante in regioni con un prezzo dell'energia variabile.

La tecnologia a membrana è considerata la migliore tecnica disponibile per la produzione di cloro-alcali.

CELLE A MERCURIO

BAT[1]			**Livelli di emissioni raggiungibili**	**Effetti cross-media**	**Impianti di riferimento**
		Scopo			
Minimizzazione delle emissioni di Hg dalla cella	Monitoraggio di possibili perdite e recupero di mercurio	Intervenire tempestivamente per evitare l'evaporazione del mercurio			
	Corretta gestione dell'impianto	Evitare il più possibile ogni accumulo di mercurio			
	Influenza di fattori umani	Motivare, educare e istruire il personale alla riduzione complessiva delle emissioni	0.2-0.3 g Hg/t Cl_2		
	Misure a valle	Recuperare il mercurio emesso durante il processo o le operazioni di manutenzione			
	Misure integrate con il processo	Evitare l'apertura delle celle			
Rimozione di Hg dai gas residui di processo	Adsorbimento su carbone attivo		0.03 kg (0.0003 g Hg/t Cl_2)	Residui contaminati	Akzo Nobel in Bohus
	Reazione al calomelano		0.05-0.1 mg/m^3 (0.006-0.1 g Hg/t Cl_2)	Rimozione del calomelano (Hg_2Cl_2) dal gas di scarico	
	Lavaggi con soluzione salina clorurata o con ipoclorito		50 ppb (media mensile 1997) (0.023 g Hg/t Cl_2) 20 ppb (1998)	Riciclaggio di mercurio	BASF a Antwerp (Belgio)
Rimozione del Hg nel processo di recupero di H_2	Adsorbimento su carbone attivo		0.01 mg Hg/m^3 di idrogeno (0.003 g Hg/t Cl_2)	Scarichi contaminati	Solvay ad Antwerp (Belgio)
	Reazione chimica con CuO		10 ppb (0.003 g Hg/t Cl_2)		BASF a Antwerp (Belgio)
	Assorbimento su ossidi di Ag/Zn oppure di Cu/Al		<0.01 mg Hg/m^3 di idrogeno		
Trattamento dei rifiuti solidi contenenti Hg e recupero di Hg	Trattamento meccanico/fisico			Possibili emissioni di mercurio in aria ed effetti incrociati	
	Trattamento chimico			Riciclaggio o recupero di mercurio	
	Distillazione		50 mg/kg di rifiuto	Buona rimozione di Hg, che deve essere però nella forma elementare. Trattamento dei gas di scarico.	Rapporto olandese, 1998
	Recupero di mercurio				
	Smaltimento in discarica o stoccaggio sotterraneo				Stoccaggio in profondità rocciose in fase di progettazione in Svezia

[1] La tecnologia a membrana è considerata la migliore tecnica disponibile per la produzione di cloro-alcali.

CELLE A DIAFRAMMA				
BAT		**Livelli di emissioni raggiungibili**	**Effetti cross-media**	**Impianti di riferimento**
Abbattimento delle emissioni e degli scarichi di asbesto	Applicazione di sistemi automatici, asbesto chiuso e fissato nel corpo della cella, sistemi moderni per il monitoraggio ed il controllo, elevati standard di igiene industriale e buona disciplina nell'operare	<1000 fibre/m^3	Produzione di rifiuti e fanghi contaminati da asbesto, in genere smaltiti in discarica. I costi possono esser piuttosto alti.	
Diaframmi privi di asbesto	OxyTech's Polyramix (PMX)		Ridotto consumo di energia. Uso di pesticidi.	Vulcan Chemicals, Geismar, Louisiana, USA. Elf Atochem in Fos sur Mer e in Lavera, entrambi in Francia.
	PPG's Tephram		Ridotto consumo di energia. Necessità di continuo doping dei diaframmi.	PPG Natrium, West Virginia, USA. PPG Lake Charles, Louisiana, USA
Conversione	Impianti a membrana		Entrambe le conversioni permettono di evitare le emissioni di asbesto e, nel caso delle membrane, di ridurre significativamente l'uso di energia	Non si conoscono ancora impianti a diaframma convertiti in impianti a membrana.
	Impianti privi di asbesto			

E. DEFINIZIONE (SULLA BASE DELL'APPROFONDIMENTO E DELL'ESTENSIONE DELLE ANALISI SVOLTE IN SEDE COMUNITARIA), DELLA LISTA DELLE MIGLIORI TECNICHE DISPONIBILI PER LA PREVENZIONE INTEGRATA DELL'INQUINAMENTO DELLO SPECIFICO SETTORE IN ITALIA

Le schede che seguono hanno lo scopo di riassumere il risultato dei lavori di ricerca e di analisi condotte sull'approfondimento delle migliori tecniche disponibili (BAT), applicate al settore chimico per la produzione di cloro-alcali, descritte nel documento di riferimento comunitario (BRef) in stesura definitiva.

In ogni scheda vengono individuati gli inquinanti di maggiore interesse immessi per comparto ambientale dai principali processi industriali a cui si fa riferimento nel BRef adottato.

Per ogni inquinante vengono descritte le tecniche applicate per l'abbattimento dello stesso. Inoltre, per ogni BAT riportata vengono riferite, dove disponibili, informazioni sulle relative caratteristiche tecniche (efficienza, livelli di emissione raggiungibili o raggiunti in alcune applicazioni reali) o delle semplici osservazioni sulla loro applicabilità.

Si tratta sia di misure integrate con il processo, le quali dipendono naturalmente dal settore in esame (inclusi piccoli accorgimenti che influenzano i parametri di processo), sia di tecniche di abbattimento applicate a valle degli impianti industriali. Queste ultime sono a volte impiegate in settori diversi (si vedano le numerose tecniche di abbattimento delle polveri); tuttavia, dai documenti analizzati emergono le differenze di applicazione di una stessa tecnica in impianti distinti, in termini di efficienze diverse, problemi più o meno grandi o vantaggi più o meno apprezzabili.

A tal proposito si sottolinea come tutte le informazioni contenute nel BRef non abbiano carattere legalmente vincolante e diano solo semplici indicazioni sulle migliori tecniche disponibili e sui livelli di efficienza da esse raggiungibili.

Quadro di unione estratto dal documento "Reference Document on Best Available Techniques in the Chlor-Alkali Manufacturing industry"

BAT PER IL CONTROLLO DELLE EMISSIONI IN ATMOSFERA

CELLE A MERCURIO

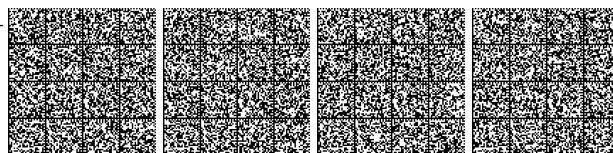
Inquinante	BAT		Livelli di emissioni raggiungibili	Valutazioni per singole unità produttive e informazioni specifiche		Applicabilità in Italia Osservazioni
Hg	Minimizzazione delle emissioni di Hg dalla cella	Monitoraggio di possibili perdite e recupero di mercurio	0.2-0.3 g Hg/t Cl2			L'attività di produzione di cloro e soda viene svolta in Italia in 10 siti produttivi presenti sul territorio nazionale – Volterra (PI), Bussi (PE), Torviscosa (UD), Assemini (CA), Porto Marghera (VE), Porto Torres (SS), Priolo (SR), Picinisco (FR), Rosignano (LI), Pieve Vergonte (NO), che raggiungono complessivamente una capacità produttiva totale di 982.000 tonnellate. Fatta eccezione dell'Enichem di Assemini (CA), che impiega la tecnologia a membrana, con una capacita produttiva di 170 kt Cl2/anno, gli altri nove siti utilizzano invece ancora le celle a mercurio.
		Corretta gestione dell'impianto				
		Influenza di fattori umani				
		Misure a valle				
		Misure integrate con il processo				
	Rimozione di Hg dai gas residui di processo	Adsorbimento su carbone attivo	0.03 kg (0.0003 g Hg/t Cl2)	Impianto	Akzo Nobel in Bohus	
		Reazione al calomelano	0.05-0.1 mg/m3 (0.006-0.1 g Hg/t Cl2)			
		Lavaggi con soluzione salina clorurata o con ipoclorito	50 ppb (media mensile 1997) (0.023 g Hg/t Cl2) 20 ppb (1998)		BASF a Antwerp (Belgio)	
Hg	Rimozione del Hg nel processo di recupero di H2	Adsorbimento su carbone attivo	0.01 mg Hg/m3 di idrogeno (0.003 g Hg/t Cl2)	Impianto	Solvay ad Antwerp (Belgio)	

		Reazione chimica con CuO	10 ppb (0.003 g Hg/t Cl2)	Impianto	BASF a Antwerp (Belgio)	
		Assorbimento su ossidi di Ag/Zn oppure di Cu/Al	<0.01 mg Hg/m3 di idrogeno			
	Trattamento dei rifiuti solidi contenenti Hg e recupero di Hg	Trattamento meccanico/fisico				
		Trattamento chimico				
		Distillazione	50 mg/kg di rifiuto	Rapporto olandese, 1998		
		Recupero di mercurio				
		Smaltimento in discarica o stoccaggio sotterraneo		Stoccaggio in profondità rocciose in fase di progettazione in Svezia		

CELLE A DIAFRAMMA

Inquinante	BAT	Livelli di emissioni raggiungibili	Valutazioni per singole unità produttive e informazioni specifiche	Applicabilità in Italia Osservazioni

ASBESTO	Abbattimento delle emissioni e degli scarichi di asbesto	Applicazione di sistemi automatici, asbesto chiuso e fissato nel corpo della cella, sistemi moderni per il monitoraggio ed il controllo, elevati standard di igiene industriale e buona disciplina nell'operare	<1000 fibre/m3			
	Diaframmi privi di asbesto	OxyTech's Polyramix (PMX)		Impianti	Vulcan Chemicals, Geismar, Louisiana, USA. Elf Atochem in Fos sur Mer e in Lavera, entrambi in Francia.	
ASBESTO		PPG's Tephram		Impianti	PPG Natrium, West Virginia, USA. PPG Lake Charles, Louisiana, USA	
	Conversione in impianti a membrana			Non si conoscono ancora impianti a diaframma convertiti in impianti a membrana		
CELLE A MERCURIO, CELLE A DIAFRAMMA E CELLE A MEMBRANA						
Cl_2		Unità di assorbimento del cloro (Scopo: evitare emissioni gassose di cloro durante operazioni irregolari dell'impianto o di emergenza oltre che controllare i gas di scarico contenenti cloro durante le operazioni normali)	In condizioni di liquefazione parziale: <1-3 mg/m3 In condizioni di liquefazione totale <1-3 mg/m3			Tutti gli impianti esistenti sono equipaggiati di sistemi di assorbimento di emergenza

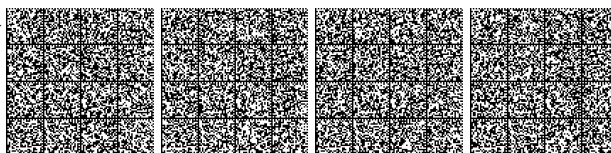
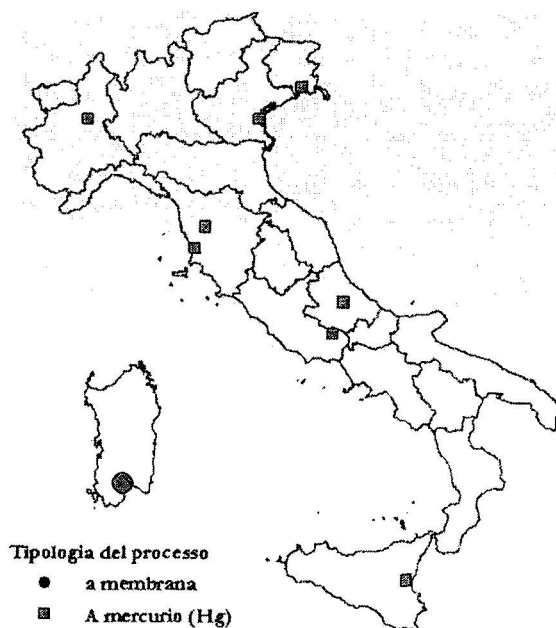
BAT PER IL CONTROLLO DELLE EMISSIONI IN ACQUA			
CELLE A MERCURIO			
INQUINANTE	BAT	Emissioni raggiungibili allo stato attuale	Valutazioni per singole unità produttive e informazioni specifiche
Hg	Conversione dell'impianto in celle a membrana	-	
	Nella fase di transizione va assicurata la massima riduzione possibile delle perdite di mercurio	0.004-0.055 gHg/t Cl_2	
CELLE A DIAFRAMMA			
ASBESTO	Conversione dell'impianto in celle a membrana oppure utilizzo di diaframmi privi di asbesto		-
	Nella fase di transizione va assicurata la massima riduzione possibile delle perdite di asbesto		-
CELLE A MEMBRANA			
Clorati e Bromati	Minimizzazione delle emissioni di clorati e bromati in acqua mediante: a) condizioni acide nella zona anodica b) abbattimento prima della depurazione		1-5 g/l per ClO_3^- e 2-10 g/l per BrO_3-
CELLE A MERCURIO, CELLE A DIAFRAMMA E CELLE A MEMBRANA			
Cl_2	Unità di assorbimento del cloro che eviti perdite di ipoclorito in acqua		
H_2SO_4	riconcentrazione in evaporatori a ciclo chiuso impiego acido esausto per controllo pH riciclo dell'acido alla produzione		Con evaporatori a ciclo chiuso il consumo dell'acido si riduce a 0.1 kg acido/kgCl prodotto
Ossidanti liberi	riduzione catalitica a letto fisso riduzione chimica		< 10 mg/l

E. ANALISI DELL'APPLICABILITÀ AD IMPIANTI ESISTENTI DELLE TECNICHE DI PREVENZIONE INTEGRATA DELL'INQUINAMENTO, CON RIFERIMENTO AL BREF CLORO-ALCALI

E.1 Situazione degli impianti italiani di cloro alcali

Nel dicembre 2001 è stato adottato il documento di riferimento comunitario relativo agli impianti Cloro-Alcali, nel quale viene indicata come migliore tecnica disponibile la tecnologia a membrana, che dovrebbe essere adottata per tutti i nuovi impianti.

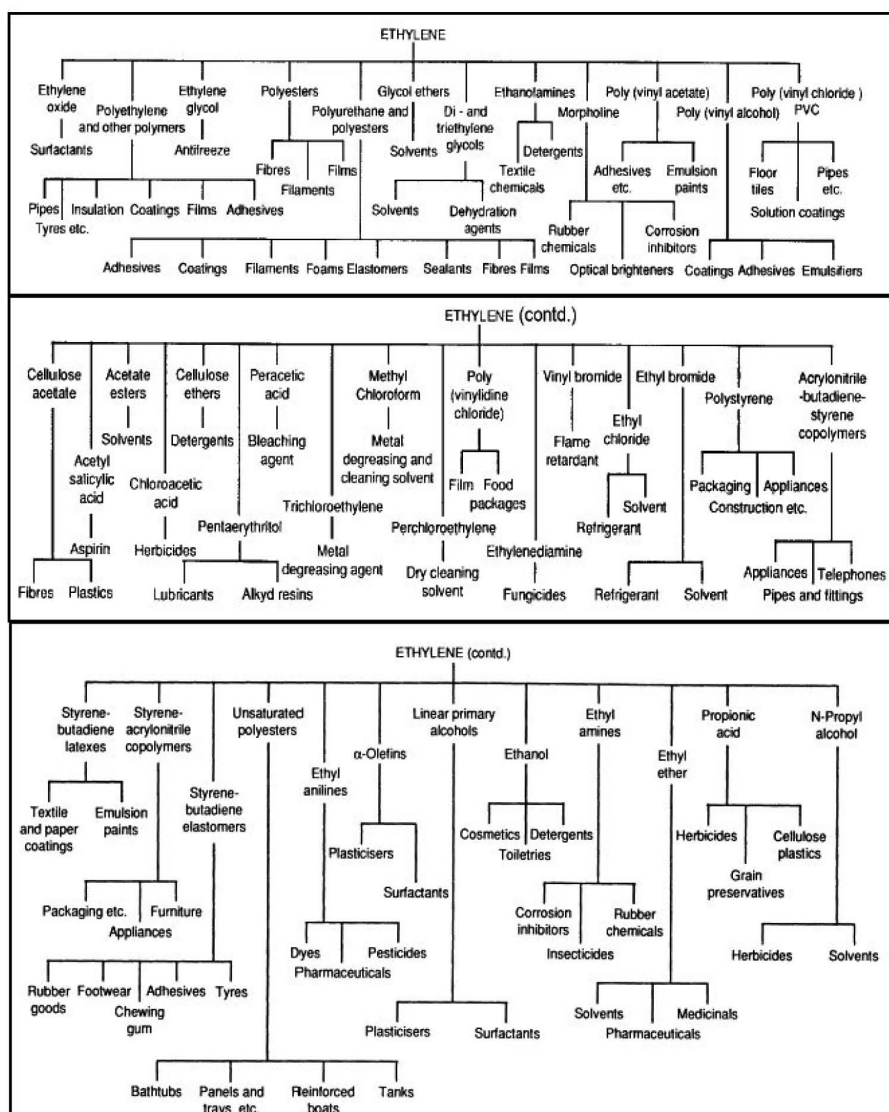
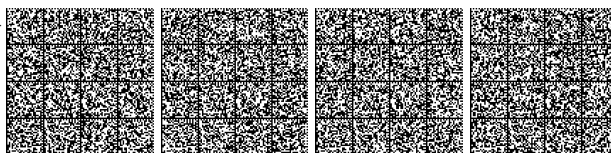
Per gli impianti esistenti il BRef considera comunque la tecnica delle celle a mercurio come attuale, salvo dare le indicazioni su come gestire gli impianti con minor impatto possibile sull'ambiente.

I principali impianti italiani sono n.9, di cui uno solo ha adottato la tecnologia a membrana. Si indica, di seguito, la localizzazione geografica degli impianti del settore attualmente attivi in Italia, con capacità produttiva nominale da 5 a 200 kilotonnellate annue.

ALLEGATO *2*

LINEE GUIDA RELATIVE AGLI IMPIANTI DI PRODUZIONE OLEFINE LEGGERE

A INTRODUZIONE

Le olefine leggere (etilene, propilene, buteni, e butadieni) sono un gruppo di sostanze molto importanti per l'industria chimica e costituiscono la materia prima per molte plastiche, polimeri e fibre. Derivati delle olefine si possono trovare nei vestiti, nelle costruzioni civili, nella componentistica per automobili, negli aerei, nei computer, nelle vernici, nei solventi, nei cosmetici e nei prodotti farmaceutici. A causa della loro elevata reattività sono presenti solamente in tracce nel greggio, ragione per cui devono essere ottenute a partire dagli idrocarburi saturi. Gli idrocarburi saturi vengono convertiti in idrocarburi insaturi mediante cracking catalitico o cracking con vapore (steam cracking). In Italia viene impiegato lo steam cracking. L'etilene è il punto di partenza di numerosi prodotti della chimica organica come illustrato dallo schema a blocchi di Figura A.1

Figura A.1 Impieghi dell'etilene

Fonte: *EC DGXI cit. in [1]*

Più del 50% dell'etilene è impiegato nella produzione di polietilene, mentre le quote restanti sono impiegate nella produzione di polistirene (via etilbenzene e stirene), glicole (via ossido di etilene), vinilacetato (via acetaldeide e acido acetico) e PVC (via 1-2 dicloro etano e vinilcloruro). Più del 50% di propilene è usato per produrre polipropilene. Altri importanti prodotti includono gli esteri acrilici (via acido acrilico), fenolo e acetone (via cumene), fibre acrilonitriliche, butanolo e etilesanolo (via aldeide butirrica) e glicole propilenico (via ossido di propilene).
Circa il 47% del butadiene è usato per produrre gomme stirene/butadiene e lattici. Un ulteriore 27% è usato per produrre la gomma polibutadienica, più conosciuta come EPDM (etilene-propilene-diene monomero) che è fatta via 1,4 esadiene. E' inoltre usato per produrre adiponitrile, precursore della produzione del nylon.

A1 Ricognizione della situazione del settore, con particolare riferimento alla specificità del tessuto industriale nazionale

La capacità produttiva di etilene dei paesi membri dell'Unione Europea è di circa 20 Mt/a: tale quota rappresenta circa il 25% della capacità produttiva mondiale. La capacità produttiva europea di etilene è aumentata di circa 5 Mt/a negli ultimi 10 anni ma solo quattro nuovi impianti sono stati costruiti. L'aumento di capacità è stato largamente conseguito attraverso l'espansione e ottimizzazione degli impianti esistenti con un incremento del loro fattore di utilizzo fino al 93%.
La capacità produttiva di propilene in Europa ha raggiunto nel 1997 il valore di 14,5 Mt/a, assestandosi su una produzione attuale di 12,6 Mt/a. Circa 9,6 Mt/a sono state prodotte con lo steam cracking mentre la quota a bilancio deriva dal recupero dei gas di raffineria. Generalmente la crescita dei derivati del propilene è stata maggiore rispetto a quelli dell'etilene e il mercato del propilene è cresciuto del 4,5% negli ultimi 10 anni. La produzione di butadiene in Europa è di circa 2 Mt/a con un fattore di utilizzo degli impianti dell'85%.
Per i prossimi 5 anni, si prevede che la produzione di etilene cresca con un ritmo di 2,4% l'anno e che la domanda di propilene aumenti con un tasso del 3,9% l'anno. Questo potrebbe causare uno squilibrio tra la domanda dei due prodotti ed una possibile carenza nell'approvvigionamento di propilene.
L'Italia contribuisce con il 15% alla produzione europea. Insieme con le olefine vengono prodotti idrogeno, metano, la miscela butadiene/butileni (frazione C4), benzina aromatica (BK) e olio combustibile denominato FOK. In Italia sono operanti 5 impianti di produzione con una una capacità produttiva standard globale di 2.124.000 t/a e una produzione effettiva di 1.697.000 t/a riferita al 2004.

A2 Dati macroeconomici

L'industria petrolchimica europea rappresenta il 28% del fatturato mondiale (valore degli acquisti e delle vendite del settore) e i prodotti delle olefine rappresentano una parte significativa di tale attività. E' infatti uno dei più importanti settori manifatturieri in Europa con una capitalizzazione di mercato superiore ai 15 miliardi di euro. L'industria petrolchimica europea occupa direttamente 20000 addetti, e la produzione dei principali derivati (plastiche e polimeri) impiega 70000 persone. Se si considera l'intera catena produttiva, includendo macchinari e convertitori, l'occupazione stimata è intorno a 1,1 milioni di persone.
Negli ultimi anni l'industria chimica è stata oggetto di importanti ristrutturazioni con una progressiva specializzazione nel campo della biologia e dei prodotti inorganici e di chimica di base. Per quanto riguarda le olefine leggere, nell'ultimo decennio sono stati costruiti solo quattro nuovi impianti mentre più del 50% di quelli operativi ha più di 25 anni. Risultato degli alti costi di capitale per la costruzione di nuovi impianti e di modesti margini di guadagno.

Mercato

Le olefine leggere vengono vendute sulla base delle loro caratteristiche chimiche e non sulla base delle loro performance, cosicché sono i prezzi più che la qualità a determinarne la competitività sui mercati. Se da una parte il commercio internazionale ne esce rafforzato, dall'altra l'Europa risulta potenzialmente vulnerabile alle importazioni che impiegano materie prime economiche (gas in particolare) o da aree i cui costi di esercizio sono minori. Produttori statunitensi e dell'area asiatica godono di almeno uno dei vantaggi menzionati a sono quindi in grado di competere in modo aggressivo con quelli europei. Tenuto anche conto della circostanza che, mentre i costi di trasporto delle olefine sono relativamente elevati, quelli per i suoi derivati, come i polimeri, sono molto bassi, rendendo molto attraente la loro importazione da qualunque parte del mondo. Il prezzo reale presenta inoltre una tendenza al ribasso con l'ingresso di nuovi produttori che si contendono quote di mercato. Perciò il prezzo delle olefine è soggetto ad una costante pressione e i produttori sono costretti a ridurre i costi di esercizio. In mancanza di un salto tecnologico, l'obiettivo può essere perseguito solo con miglioramenti continui dei costi operativi, in particolar modo di quelli fissi, che comportano spesso investimenti in nuovi impianti e apparecchiature. Rispetto ad altri settori della chimica, la produzione di olefine è contraddistinta da un elevato numero di produttori indipendenti e ciò riflette in parte il desiderio strategico di ciascun paese ad avere la propria fonte di produzione di etilene. Non esiste in Europa un'azienda leader del mercato, sebbene esistano alleanze e una rete di pipeline che collega a distanze remote produttori e utilizzatori di etilene. La frammentazione della produzione e i bassi margini di profitto sono gli elementi per i quali ci si può attendere nel futuro una razionalizzazione del settore.

I costi degli investimenti

Gli impianti di steam cracking, sono per loro natura complessi e di grandi dimensioni e ciò comporta ingenti costi di investimento. I crackers incorporano progetti brevettati controllati da un piccolo numero di aziende licenziatarie presenti negli Stati Uniti e in Europa. Anche queste aziende subiscono una agguerrita concorrenza dato l'esiguo numero di nuovi impianti costruiti a livello mondiale (non più di 4-6 l'anno). I costi di investimento variano da regione a regione e sono influenzati dai costi della manodopera per la costruzione dell'impianto e dalla vicinanza a infrastrutture sviluppate. Negli ultimi anni i costi di investimento in termini reali, sono scesi in ragione dell'aumento della scala di impianto, e della migliore progettazione ed esecuzione. La Tabella A.1 mostra i costi di investimento per un impianto industriale di scala internazionale (600 mila ton/a) costruito in Europa ex novo.

Tabella A.1 Costi di investimento per impianti di produzione di etilene al variare della materia prima [1]

Materia prima	**Costo di investimento (M €)**	**Costo unitario (€/ton etilene)**
Etano	540 – 600	900 – 1000
Nafta	660 – 780	1100 – 1300
Gas – olio	720 – 850	1200 – 1400

Agli attuali valori medi del margine di profitto, non è possibile avere ritorno economico dall'investimento per un nuovo impianto in Europa. Gli investitori cercano altre fonti di valore attraverso:

- l'accesso a materie prime a basso costo come il gas (opzione disponibile solo per localizzazioni sul mare e nel caso il gas sia considerato di scarsa qualità)
- l'installazione dell'impianto in un sito dove sono presenti altre unità produttive (per ridurre le spese generali condividendo servizi comuni)
- investimenti in aree industriali esistenti (dove siano presenti infrastrutture)

In questo documento non è possibile derivare stime di costo di investimento per un impianto da edificare su un terreno industriale, dal momento che ciò dipende dalle singole situazioni locali. Il costo base può ricadere tra il 60 e il 65% di quello totale per un impianto ex novo. A questo si aggiungono i costi di accesso alle utilities che dipenderanno dal livello di saturazione dell'impiego nell'area. I costi di investimento per l'ampliamento di impianti esistenti sono perfino più difficili da definire dal momento che occorre considerare i problemi legati all'accesso, alla natura della ristrutturazione richiesta e alla planimetria coinvolta. Inoltre la giustificazione commerciale per un ampliamento è determinata di soliti da fattori specifici (ad es. aumento della domanda in situ).

I costi di produzione

I costi di produzione di qualsiasi processo includono i costi variabili (che sono ampiamente dipendenti dalle quantità) e i costi fissi (come manodopera, manutenzione, e costi generali). A questi vanno aggiunti i costi di consegna all'acquirente (trasporto), dei servizi tecnici e del marketing . Nella Tabella A.2 sono riportati i costi relativi alla produzione di olefine leggere in impianti tipo dell'Europa Occidentale nel 1997.

I costi delle materie prime rappresentano la maggiore voce dei costi variabili e sono quindi soggetti alla maggior parte delle fluttuazioni.

Tabella A.2 Costi di produzione (in sterline £) a breve per le olefine leggere – Paesi guida dell'Europa Occidentale

	Butadiene	**Etilene**
Capacità (kt/a)	90	620
Costo totale di investimento – adeguamento (M£)	45	393
Costi varabili netti (£/t)	146	107
Costi totali fissi (£/t)	27	30
Costi a breve termine (£/t)	**173**	**137**
Costi di vendita (£/t)	24	12

Sensibilità dei prezzi. Il prezzo dei prodotti e delle materie prime sono fortemente ciclici. Il prezzo della nafta ha registrato oscillazioni fino al 93% nel periodo 1993 – 1998 comportando oscillazioni del prezzo del butadiene e del propilene del 63% e 104% rispettivamente.

Profitti. Il margine di profitto di un impianto può essere determinato dalla sua posizione sulla curva del costo di produzione rispetto all'industria totale. Il prezzo del prodotto viene stabilito sulla base dei costi di produzione negli impianti meno competitivi. La curva dei costi a breve termine relativa agli impianti di produzione di etilene nei paesi dell'Europa Occidentale ha una forma che rappresenta differenze tra gli impianti in termini non solo di efficienza e scala, ma anche dell'utilizzo di materie prime diverse.

La pendenza della curva del costo è un indicatore del profitto potenziale di un produttore competitivo. Un indicatore semplice della pendenza della curva di costo è la differenza tra i costi degli impianti migliori (20% del totale considerato) e quelli degli impianti peggiori (20%).

La differenza (61£ per tonnellata) nei costi registrati negli impianti migliori e peggiori, sembra indicare un settore industriale in buona salute, ma una analisi più dettagliata suggerisce che quando i tassi di sconto e altri fattori vengono presi in considerazione, il ROI in Europa ha un valore di circa il 7%, inferiore al costo del capitale .

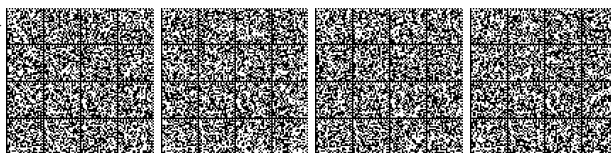
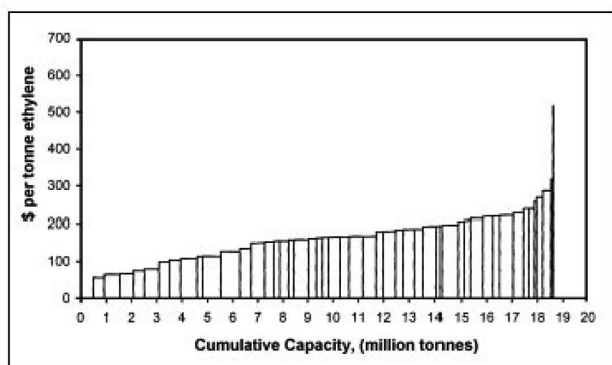
Dato che progetti di investimento vengono presi in considerazione solo quando i ritorni superano un rendimento minimo del capitale del 16,25% (equivalente al 10% per 10 anni), non meraviglia se nell'ultimo decennio sono stati costruiti così pochi nuovi steam-crackers. Viceversa i produttori hanno scelto di mantenere la loro posizione estendendo la vita degli impianti esistenti, investendo per aumentarne la capacità e rinnovarne le apparecchiature. Il 75% circa della nuova capacità resa disponibile recentemente è dovuta più a progetti di ampliamento che di costruzione di nuovi

impianti. Questa politica è stata considerata economicamente vantaggiosa in un business caratterizzato fortemente da fasi cicliche per il quale il costo capitale di nuovi impianti è ingente e il ritorno dell'investimento incerto. Le serie storiche dei costi monetari nei paesi occidentali per l'etilene e il butadiene riportano che i margini fluttuano ampiamente in netta sincronia con i cicli industriali. Ciò conferma che variazioni nei costi non possono essere facilmente trasferiti. Sia gli acquirenti che i venditori sono bene informati di queste oscillazioni e premeranno a turno per ricevere i benefici derivati da cicli di sovra o sottoproduzione.

Figura A.2 Costi di produzione dell'etilene

Fonte: Agenzia Europea per l'Ambiente cit. in[1]

Investimenti

La produzione di etilene mediante steam cracking è una tecnologia matura che ha rappresentato uno standard industriale per oltre 50 anni. Il processo continua ad essere migliorato sia ad opera delle industrie che delle società di progettazione, in particolar modo per ciò che riguarda lo sviluppo del progetto del forno dove nuovi materiali e il miglioramento della configurazione degli scambiatori ha portato ad un significativo miglioramento nella conversione e nella selettività del prodotto desiderato. Inoltre miglioramenti nell'efficienza delle apparecchiature e della distillazione hanno consentito un aumento della produzione, mantenendo inalterato il numero delle maggiori unità di processo. L'investimento in nuovi impianti è giustificato per una vita utile di circa 20 anni sebbene l'aspettativa di vita delle maggiori apparecchiature di processo varia considerevolmente. A causa della severità delle condizioni operative nelle unità di cracking è necessaria la frequente sostituzione di molti componenti nel corso della vita di un impianto, laddove invece le parti non soggette ad un ambiente corrosivo possono durare per circa 50 anni.

Qualsiasi sia l'opzione di investimento considerata, è necessario tenere conto dell'intero ciclo dei margini di profitto (storicamente pari a circa 7 anni). E' molto difficile operare ulteriori suddivisioni all'interno di questo ciclo dal momento che esso comprende il periodo necessario a rendere operativa una nuova linea di produzione e la disponibilità dei fondi di investimento. In una situazione ideale le industrie preferiscono investire nella parte finale di questo ciclo in modo da ricevere i benefici dell'ingresso operativo delle nuove linee nei 3 o 4 anni successivi, ottenendo il massimo margine di profitto negli anni critici della produzione. In pratica però la riduzione del flusso di cassa nella parte finale del ciclo limita di molto la disponibilità di nuovo capitale da reinvestire e provoca il tipico rinvio di decisioni per nuovi investimenti ad un tempo in cui i margini di profitto saranno elevati. Ciò risulta nell'ingresso della nuova capacità in corrispondenza del fondo del ciclo – il peggiore possibile- contribuendo ai margini depressi.

La giustificazione di nuovi investimenti a protezione dell'ambiente deve tenere conto del margine medio di profitto mantenuto nell' arco di molti anni. E' stato riportato dall'Agenzia Europea per

l'Ambiente che i costi sostenibili per l'ambiente, spalmati lungo un ciclo, possono essere dell'ordine compreso tra 1,5 e 15 €/tonnellata di etilene. L'investimento che si colloca nella parte alta dell'intervallo può essere causa di perdite finanziarie per industrie con flusso di cassa negativo. Può essere altrettanto difficile scaricare i costi sul prezzo di vendita del prodotto poiché la domanda di etilene manifesta *alta elasticità al prezzo*. E' difficile indicare costi generici per il miglioramento della protezione ambientale dell'impianto poiché essi sono dipendenti da fattori locali come la disponibilità di spazio e l'accessibilità. Essi possono essere di molto maggiori per un impianto esistente rispetto alla costruzione di un impianto nuovo che incorpora le migliorie necessarie. Ciò pone delle condizioni limitanti per l'applicabilità delle BAT e rende preferibile applicare le BAT in concomitanza con la costruzione di nuovi impianti.

A3 Impatto ambientale del settore

Il processo di produzione di olefine è associato con altre attività produttive con le quali condivide i principali servizi di impianto (vapore, energia, acqua di raffreddamento) e i sistemi di trattamento degli effluenti liquidi e gassosi. Ne consegue che l'impatto ambientale deriva dalla combinazione di tutti i processi presenti nel sito industriale.
Le principali emissioni gassose, secondo quanto riportato in tabella A3, sono dovute ai gas di combustione che si sviluppano dai forni di cracking; a seguire si hanno i sistemi di incenerimento in torcia e le caldaie per la produzione di vapore. Le specie inquinanti presenti nell'effluente gassoso dipendono dalle condizioni in cui avviene la combustione (CO_2, CO, NOx, C_xH_y) e dalla composizione del combustibile (SOx, NOx, metalli). Le emissioni, specie di NOx, possono aumentare nel caso in cui si pratica il preriscaldamento dell'aria, o si impiegano forni ad alta temperatura. A causa dell'impiego di gas naturale o di una miscela metano/idrogeno autoprodotta, le emissioni nei fumi di combustione di SO_2, metalli e polveri sono trascurabili.

Tabella A.3 Emissioni causate dalla produzione di olefine leggere

Sorgente di emissione	**Inquinanti**				
	NOx	**SO2**	**CO**	**COV**	**Polveri**
Forni/scambiatori alimentati a gas	X	X	X	X	
Turbine a gas	X	X	X	X	
Sorgenti puntuali[3]	X	X	X	X	X
Attività di manutenzione				X	X
Emissioni non incanalate				X	
Operazioni di decoking	X	X	X	X	X
Smaltimento di sour gas		X	X		
Forni di rigenerazione	X	X	X	X	
Fattori di emissione (kg/t etilene)	1,0 –2,8	0,01 –3,3 [1]	0,2 –1,0	0,03 –6,0	0,05 – 1,5[2]

1. include unità gas-combustibile e unità sottovuoto gas-combustibile alimentate da combustibili aventi tenore di zolfo > dell'1%.
2. include unità di steam cracking di TAR
3. ventilazione, punti di campionamento, fiamma, stoccaggio intermedio (Federchimica ,2000)

Fonte : *CEFIC 2000 [2] cit. in [1]*

Gli effluenti liquidi tipici che originano dal processo di steam cracking sono l'acqua di processo e la soluzione di soda impiegata nel trattamento di gas acidi (acido solfidrico e anidride carbonica) presenti nel gas di cracking. L'acqua di processo è contaminata da idrocarburi (naftalene e fenolo) e solidi inorganici dissolti. Una parte marginale dell'impatto ambientale è rappresentata dalla produzione di rifiuti solidi che è limitata ad operazioni non continue come il decoking e la sostituzione di catalizzatori esauriti.
I consumi energetici sono particolarmente elevati a causa delle alte temperature del processo di produzione e delle bassissime temperature, al di sotto dello zero, delle fasi di separazione e raffinazione del prodotto finale. Per soddisfare le elevate richieste di energia, si ricorre a tecniche di recupero di calore negli stadi intermedi di processo.

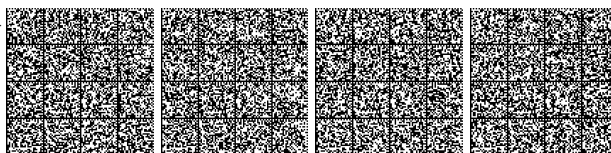
A4 Considerazioni sulle materie prime

In Europa, la nafta liquida dalla raffinazione del petrolio è di gran lunga la carica più importante da cui deriva circa il 73% della produzione di etilene. Altre cariche meno significative per la produzione di etilene sono il gasolio (10%), il butano (6%), l'etano (5%), il propano (4%) ed altri (2%). Le cariche liquide sono predominanti in Europa poiché sono relativamente abbondanti e facili da trasportare. Non è essenziale che gli impianti siano situati in prossimità del punto di approvvigionamento delle materie prime mentre spesso è un vantaggio l'integrazione degli impianti di produzione dei derivati, poiché la domanda totale della filiera gioca un ruolo decisivo nel valore totale del business.
Le cariche gassose sono poco usate, perché è raro che siano economicamente disponibili. L'etano è estratto dal gas naturale per liquefazione criogenica e ci sono poche località in Europa dove il gas sia sufficientemente concentrato da consentirne un recupero economico. L'etano è inoltre difficile da trasportare e richiede navi speciali refrigerate, per il carico ad alta pressione e bassa temperatura. Alcuni impianti Europei hanno un grado di flessibilità per processare GPL (gas di petrolio liquido) ma questo è limitato dalle differenti configurazioni dei cracking.

In Italia gli idrocarburi utilizzati principalmente come materia prima sono le virgin nafte (VN) e i gasoli leggeri (GOL) e pesanti (GAP) di derivazione petrolifera. Le VN comprendono idrocarburi della serie C6 – C10 con punto di ebollizione nell'intervallo di 50 – 200 °C offrendo rese elevate nella produzione di etilene. Rispetto al gas, richiedono un valore più elevato del rapporto in peso vapore/materia prima a parità di etilene prodotto.

B DESCRIZIONE DEL PROCESSO DI PRODUZIONE

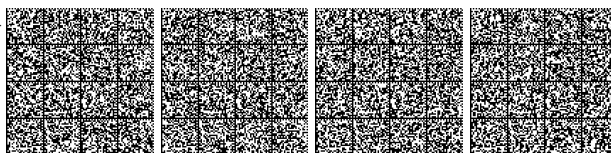
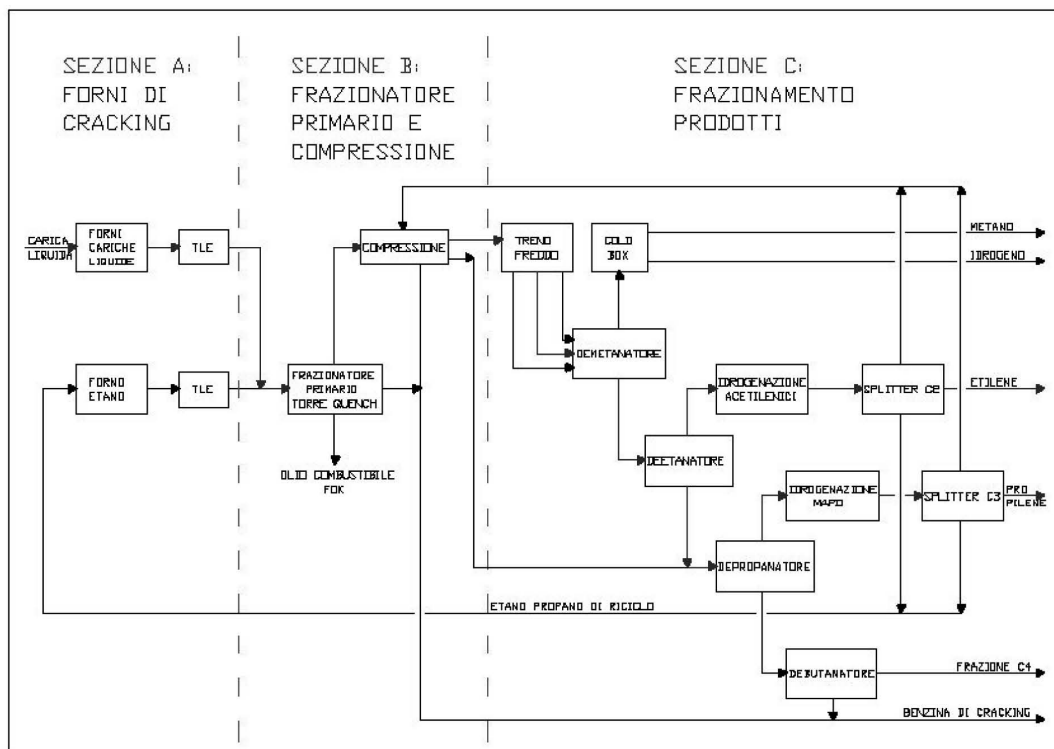
Tutti gli impianti indicati basano la produzione di etilene sul processo di steam cracking ovvero le reazioni di pirolisi degli idrocarburi sono condotte in fase vapore, ad alta temperatura, in presenza di vapor d'acqua e a bassa pressione, per favorire, durante le reazioni di cracking termico, la formazione di idrogeno e di composti idrocarburici leggeri quali l'etilene e il propilene. La natura intrinseca del processo implica rilevanti consumi di energia, poiché le reazioni coinvolte sono fortemente endotermiche.

Gli impianti lavorano a ciclo continuo e normalmente sono fermati ogni cinque anni per provvedere ai controlli e ispezioni previsti dalla normativa, alle manutenzioni e alle modifiche migliorative.
Il calore necessario alle reazioni endotermiche è fornito dalla combustione di una miscela dei prodotti di pirolisi idrogeno e metano. Poiché il calore deve essere fornito necessariamente ad un livello termico elevato e il gas di processo dopo le reazioni è ad alta temperatura, gli impianti sono studiati, progettati e costruiti per cercare di recuperare il massimo del contenuto termico ancora disponibile nei fluidi in uscita dalla zona radiante dei forni. Parte di questi recuperi sono svolti in

apparecchiature che fanno parte dello stesso forno quali la zona convettiva e i TLE (Tranfer Line Exchanger). I TLE sono scambiatori di calore che hanno lo scopo di raffreddare velocemente i gas di cracking in uscita dal forno e produrre vapore ad alta pressione, recuperando il calore di raffreddamento sul lato dello scambiatore opposto al processo. Ciò impedisce l'innesco di reazioni secondarie che possono abbassare la resa in prodotti utili. I TLE, oltre a realizzare il raffreddamento rapido dei gas di cracking per evitare reazioni non desiderate, producono vapore ad alta pressione per autoalimentare le turbine allineate sui compressori del gas di processo. In zona convettiva i fumi della combustione avvenuta in zona radiante sono raffreddati per preriscaldare le materie prime, surriscaldare il vapore ad alta pressione, preriscaldare l'acqua delle caldaie, produrre vapore ecc. In seguito i recuperi termici sono svolti a temperature sempre più basse, per esempio per produrre vapore a bassa pressione, scaldare l'acqua a bassa temperatura, ribollire sul fondo le colonne di distillazione.

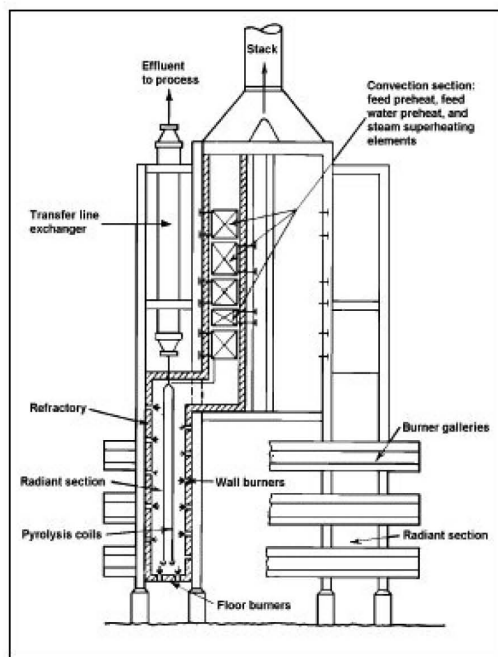
Il processo in seguito richiede di arrivare a temperature ben al disotto di quella ambiente per poter distillare i prodotti più leggeri. Anche in questo caso l'impianto è progettato per recuperare le frigorie prodotte a tali temperature dai cicli frigoriferi, per utilizzare l'energia frigorifera anche alle temperature più elevate.

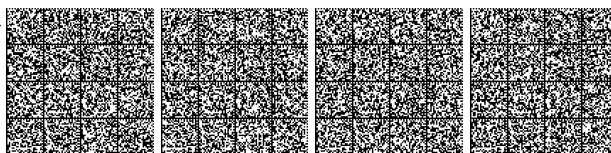
Gli impianti nascono quindi per ottimizzare le cascate termiche del calore verso la temperatura ambiente di un processo che necessariamente si sviluppa dalla temperatura a cui è realizzata la combustione del fuel-gas (1900÷2000 °C) alla temperatura alla quale si può separare l'idrogeno dal metano (-160 °C).Come schematizzato in Figura B.1, il processo può essere suddiviso genericamente nelle seguenti tre sezioni:

- sezione A: forni di cracking;
- sezione B: frazionatore primario e compressione gas di processo;
- sezione C: frazionamento dei prodotti.

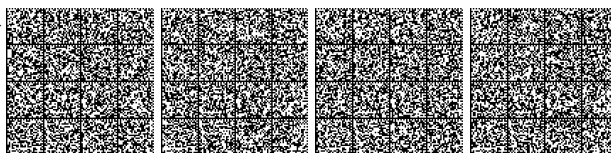
Figura B.1 Schema a blocchi di un impianto di steam cracking per la produzione di etilene

SEZIONE A: FORNI DI CRACKING

Prima di passare nei serpentini della zona radiante del forno di cracking, le cariche idrocarburiche liquide sono preriscaldate e vaporizzate in scambiatori di calore, miscelate con vapor d'acqua e surriscaldate fino ad una temperatura di 550÷650 °C. I tubi che compongono i serpentini sono fatti in una lega di cromo e nickel; per fornire il calore necessario alle reazioni sono riscaldati esternamente bruciando fuel-gas autoprodotto, composto principalmente da metano e idrogeno. Il vapore d'acqua è utilizzato per ridurre la pressione parziale degli idrocarburi e la formazione di coke all'interno dei serpentini e dei TLE. Normalmente nella sezione forni un forno è dedicato al cracking delle cariche gassose autoprodotte ovvero al cracking dell'etano e del propano.
Nonostante la presenza di vapore, i serpentini e i TLE si sporcano di coke e quindi il forno deve essere fermato periodicamente per la pulizia. Questa operazione è denominata decoking. Il decoking così detto on-line è effettuato facendo passare nelle serpentine del forno miscele di aria e vapore ad alta temperatura, che rimuovono il coke in parte per l'effetto fisico di erosione del flusso oppure, in presenza di aria, attraverso reazioni di ossidazione. Dopo un certo numero di decoking on-line si rende comunque necessaria la pulizia meccanica dei TLE.

Figura B.2 Configurazione tipica di un forno di cracking

SEZIONE B: FRAZIONATORE PRIMARIO E COMPRESSIONE GAS DI PROCESSO

Questa sezione comprende normalmente, oltre il frazionatore primario e la compressione, la torre di quench e il lavaggio caustico dei gas.
Il frazionatore primario è utilizzato per raffreddare ulteriormente i gas provenienti dalla sezione precedente fino a temperature prossime a quella di ebollizione dell'acqua, ottenendo la condensazione delle frazioni idrocarburiche più pesanti prodotte. Sul fondo del frazionatore primario si produce il cosiddetto "Fuel oil of Cracking" (FOK), miscela costituita da idrocarburi

pesanti ad una temperatura elevata. Il contenuto termico del FOK è recuperato per la produzione del vapore di diluizione. Il FOK dopo raffreddamento è utilizzato ai quench mixer, per raffreddare per contatto diretto la corrente in uscita dai TLE, prima che la miscela arrivi al frazionatore primario. Una parte del FOK circolante è prelevata ed inviata allo stoccaggio per la produzione e vendita come olio combustibile a basso contenuto di zolfo.
Dal frazionatore primario può essere spillata una frazione più leggera del FOK denominata GK od olio medio. L'olio medio è utilizzato nelle altre parti dell'impianto come sorgente intermedia di calore dal quale viene recuperato il contenuto termico, prima che ritorni, senza prelievo e produzione, al frazionatore primario.
Dal frazionatore primario il gas di processo passa alla torre di quench. In questa colonna la temperatura dei gas scende al disotto della temperatura di ebollizione dell'acqua. Si ha così la condensazione dell'acqua di processo. L'acqua di processo è utilizzata per la produzione del vapore di diluizione e come sorgente a basso livello di calore. Nella torre di quench condensa inoltre una frazione idrocarburica più leggera delle precedenti che dà origine alla benzina di cracking o BK.
La compressione del gas avviene in cinque stadi fino ad una pressione intorno ai 29÷35 bar. Questa operazione è necessaria per rendere possibile il frazionamento e distillazione dei gas più leggeri a temperature peraltro già notevolmente basse. Ad ogni stadio di compressione il gas è raffreddato e il liquido idrocarburico formatosi, che costituisce il condensato interstadio, è inviato avanti o indietro negli stadi di compressione secondo le esigenze. I condensati interstadi, possono essere inviati agli stripper di bassa o alta pressione da cui si può produrre altra BK o frazioni più leggere da alimentare al depropanatore.
La rimozione dell'anidride carbonica e dell'acido solfidrico presenti nei gas è effettuata normalmente sulla mandata del terzo stadio di compressione mediante lavaggio caustico.

SEZIONE C: FRAZIONAMENTO DEI PRODOTTI

Il gas di cracking compresso è essiccato con setacci molecolari ed inviato al treno di raffreddamento. Le frigorie necessarie sono fornite da due cicli frigoriferi a propilene ed etilene.
Il gas raffreddato e parzialmente condensato, è inviato al demetanatore. I prodotti leggeri che si producono in testa sono costituiti da idrogeno e metano. Dopo successiva espansione essi sono opportunamente separati nella cosiddetta cold box. Il metano prodotto è utilizzato internamente all'impianto e l'esubero è inviato alla rete fuel-gas. L'idrogeno grezzo prodotto può essere in parte purificato ed utilizzato per usi interni ed esterni all'impianto mentre l'eccedenza è inviata alla rete fuel-gas.
Le espansioni possono essere realizzate in macchine denominate turboexpander in cui la trasformazione è di tipo isoentropico anziché isoentalpico. In questo modo il gas si raffredda maggiormente con risparmio di frigorie. Inoltre il lavoro messo a disposizione ricomprime parzialmente la stessa corrente di processo che è fatta passare sul lato opposto del turboexpander.
Il prodotto di fondo del demetanatore, costituito dai prodotti più pesanti di idrogeno e metano, è inviato al deetanatore. Dalla testa del deetanatore si preleva l'etano e l'etilene mentre i prodotti uscenti di fondo sono inviati al depropanatore. La miscela etano ed etilene contiene acetilene che, prima dell'invio allo splitter C2 per la separazione etilene etano, è convertito cataliticamente nei reattori di idrogenazione. L'etano prodotto dal fondo dello splitter C2 è riciclato ai forni di craking o al forno etano dedicato mentre la produzione di etilene è prelevata da un taglio laterale, per consentire nel tratto finale di pastorizzazione della colonna l'allontanamento di eventuali composti leggeri trascinati.
Il depropanatore consente di separare in testa la frazione C3 costituita da propilene e propano. Prima di essere inviata allo stripper C3, questa miscela passa nei reattori di idrogenazione per la conversione catalitica dei composti metilacetilene e propadiene contenuti. Nello stripper C3 sono allontanate di testa le impurezze leggere e di coda le impurezze pesanti. La frazione C3 così prodotta è inviata se presente allo splitter C3, per la produzione di testa di propilene polimer grade. Il propano separato di fondo è invece riciclato ai forni oppure inviato alla rete fuel-gas.

Il fondo del depropanatore è alimentato al debutanatore dalla cui testa si preleva la frazione C4 prodotta, mentre il fondo costituisce un'altra aliquota di benzina di cracking, che si aggiunge a quelle prodotte dalla torre di quench e dalla sezione di compressione.

C DESCRIZIONI DELLE ANALISI ELABORATE IN AMBITO COMUNITARIO PER LA INDIVIDUAZIONE DELLE BAT CON RIFERIMENTO OVE POSSIBILE ALLE CONCLUSIONI DEI BREF

C1 Concetto generale di migliori tecniche e tecnologie per lo specifico settore

Il processo di steam cracking è l'unico processo su grande scala disponibile per la produzione di olefine leggere (etilene, propilene, butadiene) ed è considerato generalmente BAT. Una modesta quantità di queste olefine è recuperata negli impianti di cracking, dalle correnti di gas provenienti dalle raffinerie adiacenti. I nuovi impianti si articolano nelle seguenti unità principali:

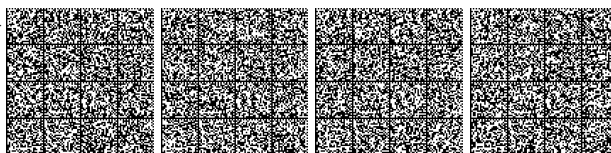
- il forno (dove avviene il cracking con vapore della materia prima in ingresso)
- la sezione di frazionamento primario e quench (rimozione degli idrocarburi pesanti e dell'acqua)
- la sezione di compressione (con inclusa la rimozione dei gas acidi)
- la sezione di frazionamento a temperature moderatamente basse e criogeniche (separazione e purificazione dei prodotti)

Il feedstock può essere costituito da GPL, etano, virgin naphta, gasolio, gasolio da vuoto. Il tipo di materia prima selezionata influenza molto le quantità e gli intervalli dei prodotti secondari (propilene, butadiene, buteni, aromatici, gasolio, olio combustibile). Tuttavia, un impianto progettato per il cracking di un feedstock gassoso non può essere adatto per trattarne uno liquido. L'etano è in grado di dare le più elevate rese di etilene ma le più basse dei coprodotti. In Europa solo pochi impianti hanno normalmente accesso all'etano che viene estratto dal gas naturale, mentre la maggior parte ricorre alla virgin naphta che è facilmente disponibile ed economica.

Gli steam cracker sono per loro natura impianti molto grandi che richiedono elevatissimi consumi energetici, nell'ordine di 15 - 50 GJ/t di etilene. Le migliori tecniche per il loro progetto devono contemplare i seguenti elementi:

- alto livello di contenimento e minimizzazione delle emissioni fuggitive nelle apparecchiature e nel piping;
- assenza di scarichi all'atmosfera nelle normali operazioni (i dreni e gli sfiati sono convogliati e recuperati o ciecati)
- impiego delle torce per eliminare i gas fuori specifica, i gas di purga e gli sfiati in caso di emergenza;
- massimizzazione dei recuperi termici per ridurre il consumo energetico;
- impiego di sistemi automatici per le fermate in sicurezza in caso di emergenza;
- progettazione in previsione di un servizio continuo (periodi di 5 anni)
- applicazione di sistemi segregati per la raccolta degli scarichi idrici;
- stoccaggi di materie prime e prodotti al di fuori dei limiti di batteria delle unità.

Il controllo di processo assicura la stabilità delle condizioni operative e delle rese del prodotto. Le migliori tecniche sono:

- controllo avanzato e ottimizzazione on-line; si utilizzano controlli multivariabile che incorporano analizzatori in continuo;
- monitoraggio permanente dei gas e video sorveglianza;
- misure di contenimento dell'impatto ambientale comprendenti:

- ispezione regolare e monitoraggio strumentale per la rilevazione di perdite ed emissioni fuggitive in atmosfera, nell'acqua e nel suolo; monitoraggio dell'aria ambiente nei luoghi adiacenti; monitoraggio del microclima per la salute dei lavoratori; procedure per gestire le situazioni di emergenza.

C1.1 Pretrattamento del feedstock

I feedostock contenenti idrocarburi pesanti presentano un carico elevato di idrogeno solforato e mercaptani. Per ridurre l'impiego di quantità rilevanti di soluzione di soda caustica, è opportuno sottoporre la corrente di feedstock ad un pre-lavaggio con ammine. Allo scopo si ricorre alle mono o dietanolammine per convertire l'idrogeno solforato in un sale. La soluzione esausta di ammine può essere rigenerata mediante desorbimento con vapore per rimuovere l'idrogeno solforato. Alcune delle etanolammine vengono riconvertite in un sale non rigenerabile per reazione con anidride carbonica.

C1.2 Emissioni in atmosfera

La più importante misura di controllo delle emissioni in atmosfera, considerata come migliore tecnica, si basa sul riciclo e recupero dei flussi di materia. Le correnti residuali di idrocarburi possono essere impiegate come combustibile (per la generazione di calore e vapore), riprocessate all'interno dell'impianto, o recuperate per la loro vendita. L'applicazione di ciascuna di queste scelte dipende da ragioni economiche differenti da sito a sito.

C1.2.1. Forni di cracking

I forni di cracking sono normalmente alimentati a gas naturale oppure più tipicamente con fuel-gas autoprodotto (miscela metano/idrogeno) nell'unità di separazione. Si è visto che la presenza dell'idrogeno, innalzando la temperatura di fiamma è il maggior responsabile dell'aumento delle emissioni di NOx termico. Tuttavia, per ragioni di economia e risparmio energetico, questo inconveniente non viene considerato e le emissioni di NOx possono essere contenute con sistemi di trattamento a valle. Le emissioni di SO_2 e di polveri sono trascurabili e l'impiego di misure di controllo della combustione minimizza anche le emissioni di COV. Per il controllo degli NOx, nei nuovi impianti costituisce migliore tecnica l'adozione di un bruciatore a bassa o bassissima emissione di NOx (Low NOx Burner =LNB e rispettivamente Ultra Low NOx Burner =ULNB), o in alternativa, di sistemi di trattamento a riduzione catalitica selettiva (Selective Catalytic Reduction =SCR). Per gli impianti esistenti, l'opportunità di usare l'uno o l'altro sistema dipenderà da considerazioni di assetto impiantistico. Le concentrazioni di NOx con bruciatori LNB possono raggiungere 100 mg/Nm^3, mentre con sistemi ULNB possono raggiungere 75 mg/Nm^3 [1]. Impianti nuovi provvisti di SCR possono avere emissioni di NOx pari a 60 mg/Nm^3. Tuttavia sembra che i sistemi SCR siano costosi e che gli stessi livelli di emissione possono essere ottenuti dalla combinazione di tecniche differenti. C'è inoltre da dire che il reattore SCR può generare emissioni di ammoniaca. Per nuovi impianti, le emissioni di ammoniaca in media oraria, sono considerate migliore tecnica se sono inferiori a 5 mg/Nm^3 per elevati tassi di riduzione degli NOx (>80%). Infine l'attività del catalizzatore diminuisce nel tempo, provocando un aumento di emissioni di ammoniaca.

---

[1] Da intendere come media su 30÷60 minuti, alla temperatura e pressione normali di 0° C e 101.325 kPa, sul secco detraendo il volume occupato dal vapore d'acqua e rapportando il tenore dell'ossigeno contenuto al 3% in volume.

Per le emissioni di monossido di carbonio la migliore tecnica prevede l'uso di analizzatori on-line sui gas combusti, asserviti a pacchetti standard per il controllo della combustione. In questo modo si possono ottenere valori di emissione di CO di 20 mg/Nm^3 [1]. Le emissioni di CO_2 dipendono dalla composizione della materia prima e del combustibile. Ad esempio, usando la miscela idrogeno/metano come combustibile, le emissioni di CO_2 possono essere ridotte.

Le migliori tecniche per i forni di cracking e per i surriscaldatori a vapore sono:

- progettazione innovativa con sistemi di recupero energetico avanzato che garantiscano efficienze termiche del 92 – 95 %;
- impiego di metano o miscele di metano/idrogeno prive di zolfo come combustibile, associato al controllo della combustione in modo da mantenere l'eccesso di ossigeno all'1 – 3%;
- minimizzazione delle emissioni di NOx adottando tecniche preventive come la LNB o la ULNB, eventualmente associate con la tecnica a valle SCR.

I livelli di emissione considerati BAT per i diversi inquinanti sono riportati nella tabella seguente.

Tabella C.1 Livelli di emissione in fase gassosa dei maggiori inquinanti in impianti di produzione di olefine leggere, in accordo con le BAT

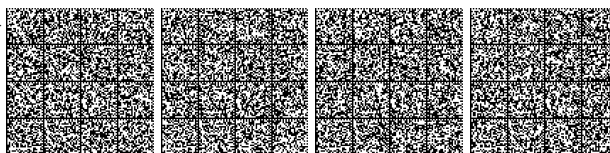
Inquinante	Livello di emissione (mg/Nm^3)	Tecnica
SO_2	trascurabile	Combustibile contenente minime quantità di zolfo
Polveri	trascurabile	Combustibile pulito
CO	20	controllo avanzato della combustione
CO_2	-	Forno ad efficienza termica; integrazione di recupero di energia o di calore
NOx	75 – 100	ULNB
	60 – 80	SCR

Concentrazioni misurate su medie di 30 –60 min, sul secco, riferito al 3% vol. di ossigeno, alla temperatura e pressione normali di 0° C e 101,325 kPa.

C1.2.2. Decoking

Durante il cracking i serpentini subiscono il progressivo depositarsi di polvere di coke. L'operazione di pulizia periodica che ne segue, detta decoking, deve essere compresa in un intervallo temporale di 14 – 100 giorni in funzione della natura della carica del forno, della severità delle operazioni, della configurazione impiantistica. Dato che i forni sono eserciti in modalità di decoking per solo il 3% del loro tempo, non è necessario l'impiego di metodi raffinati di depolverazione. In questo caso è considerata migliore tecnica minimizzare la formazione di coke con misure di ottimizzazione di processo. Le operazioni di decoking vengono normalmente effettuate on-line utilizzando il forno per riscaldare e inviando vapore o una miscela di vapore/aria nei serpentini in modo da ossidare il carbone ad anidride carbonica. L'effluente gassoso può essere inviato a:

- un tamburo di decoking comune che serve contemporaneamente più forni, dotato di sistema di depolverazione ad umido o a secco (cicloni);
- un tamburo di decoking dedicato ad ogni forno dell'impianto e delle stesse dotazioni del tamburo comune;
- alla camera di combustione del forno (con tempi di residenza adeguati ad assicurare la completa combustione delle particelle di carbone)

L'installazione di un dispositivo (drum) di decoking è una soluzione diretta al problema del trattamento delle polveri, mentre il collegamento alla camera di combustione richiede delle

modifiche impiantistiche; comunque qualsiasi tecnica scelta permette di raggiungere bassi livelli di emissione. Oltre alle polveri, si possono avere emissioni di monossido di carbonio nei primi stadi del decoking a causa del dosaggio dell'aria comburente. Tuttavia, è raro che il monossido di carbonio venga monitorato durante questa operazione, dal momento che i parametri controllati sono la temperatura del tubo metallico e la temperatura di uscita dal serpentino. I rischi di emissione sono limitati a causa del lungo intervallo di tempo che trascorre tra un'operazione di decoking e la successiva e dal modesto valore percentuale di durata che il decoking occupa relativamente al tempo di normale esercizio (circa il 3%).
In media oraria si può raggiungere un tenore in polveri di 50 mg/Nm^3 negli effluenti gassosi.

C1.2.3. Combustione in torcia

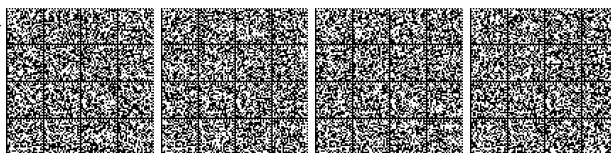
La combustione in torcia è una misura di sicurezza adottata per distruggere rapidamente qualsiasi flusso di idrocarburi che non può essere altrimenti riciclato o riutilizzato nel processo o come combustibile per produrre energia. Esistono due tipologie: la torcia a terra e la torcia elevata. La prima presenta un impatto visivo minore, maggiore efficienza di combustione (>99%), ma capacità inferiore; è inoltre meno adatta ad intervenire nelle situazioni di emergenza. Questo perché l'efficienza della torcia a terra si basa sul mantenimento di temperature elevate nel bruciatore che deve operare in modo sequenziale così da ottenere la completa distruzione degli idrocarburi. Le torce a terra sono concepite per trattare flussi modesti ma continui di correnti di spurgo. Le torce elevate, al contrario hanno una configurazione semplice e permettono uno smaltimento sicuro degli idrocarburi; tuttavia presentano un impatto visivo rilevante. Inoltre, per migliorare il mescolamento tra aria comburente e combustibile, viene iniettato vapore che se usato in eccesso provoca rumore. E' necessario che la combustione in torcia operi in un'ampia varietà di condizioni. I flussi possono andare da valori estremamente modesti con alte percentuali di gas inerte nelle situazioni di marcia normale a valori elevati nel caso di massimo carico rilasciato. E' perciò difficile monitorare con accuratezza l'efficienza di combustione in questo ampio spettro di situazioni; si cerca perciò di eliminare il fumo quanto più rapidamente possibile. La combustione in torcia di olefine leggere, specie se si fa uso di vapore non dà luogo a fumo visibile. D'altra parte la combustione in torcia rappresenta una perdita economica per l'operatore dell'impianto: si preferisce perciò fare ricorso a sistemi integrati di shutdown in emergenza per evitare la necessità di inviare flussi di prodotto in torcia. La minimizzazione della combustione in torcia raggiunge quindi due scopi:

1. la riduzione di idrocarburi incombusti, fumo e dove possibile, del rumore attraverso:
- l'impiego di torcia smokeless;
- l'iniezione di vapore per sostenere la miscelazione della miscela aria/combustibile (ciò può fungere come misura automatica di controllo della combustione in torcia degli idrocarburi);
- l'impiego di monitoraggio video o IR.

Le torce elevate possono operare in assetto smokeless fino a circa un terzo della loro capacità. La fornitura di vapore deve provenire da una fonte sicura, come un centro di servizi all'interno dello stabilimento.

2. la minimizzazione della quantità inviata in torcia attraverso:

- l'impiego di tecnici e ingegneri esperti nel monitoraggio;
- l'elevata affidabilità delle apparecchiature;
- l'applicazione di misure di manutenzione (es. monitoraggio on-line dei compressori maggiori);
- l'utilizzo di sistemi di recupero energetico.

L'utilizzo delle torce durante l'avviamento è da minimizzare il più possibile. L'avviamento senza sfiaccolamento non è considerato come migliore tecnica, anche se il suo uso è dichiarato da alcuni

impianti. I migliori impianti vantano scarichi in torcia pari a 5÷15 kg di idrocarburi per tonnellata di etilene prodotta, con una efficienza di combustione che nelle condizioni ottimali raggiunge il 99%.

C1.2.4. Punti di emissione

Le migliori tecniche prevedono il collettamento preventivo di punti di emissione con appropriati sistemi di recupero verso la rete fuel-gas oppure verso la torcia. I sistemi di campionamento sono a circuito chiuso.

C1.2.5. Depositi intermedi

Solo un numero limitato di recipienti si trovano a pressione atmosferica e le cui valvole comunicano con la rete di collettamento alla torcia. Se i depositi contengono elevate quantità di idrocarburi pericolosi come gli aromatici, gli sfiati devono permetterne il recupero in altri recipienti durante le operazioni di riempimento/svuotamento. Una buona pratica indica l'uso di azoto o di un altro gas inerte per il controllo delle perdite da respirazione dei recipienti.

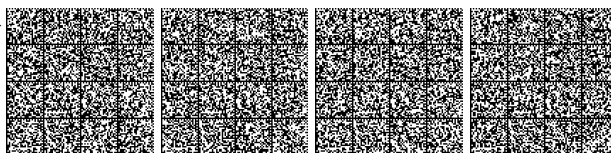
C1.2.6. Apparecchiature rotanti.

Tutte le apparecchiature rotanti come i compressori centrifughi pongono un problema di emissione dalle tenute. Per emissioni di sostanze innocue, è possibile consentirne il deflusso verso le correnti di processo; per le sostanze pericolose, occorre invece circondare le tenute con sistemi di guardia idraulica basata su olii o gas.

C1.2.7. Valvole di sfiato in atmosfera

Nei moderni impianti tutti i possibili sfiati vengono messi in comunicazione mediante un sistema di raccolta del gas di spurgo; in alcuni casi però ciò non è possibile. Allora, occorre dotare gli sfiati di sistemi di abbattimento degli idrocarburi basati ad esempio sull'adsorbimento con carboni attivi.

C1.2.8. Gas acidi

La presenza di modeste quantità di zolfo nell'alimentazione ai forni di cracking può essere dovuta all'uso di inibitori del fenomeno di coking. Anche l'anidride carbonica può essere presente a basse concentrazioni nell'alimentazione (in particolare per feedstock gassosi) e in ogni caso, si genera nel processo di steam cracking. I gas acidi prodotti nel forno devono essere eliminati prima che i prodotti gassosi dello steam cracking entrino negli stadi finali di compressione e separazione criogenica. La migliore tecnica per rimuovere i gas acidi come l'anidride carbonica e l'acido solfidrico è attraverso il lavaggio caustico oppure con ammine seguito comunque da trattamento finale con idrossido di sodio. Il cosiddetto effluente di soluzione esausta di soda (detta soda spenta) contenente solfuro di sodio, carbonato e bicarbonato di sodio, viene trattato per acidificazione. Tuttavia, si può sviluppare una corrente gassosa contenente solfuro di idrogeno se la soda spenta non viene ossidata o la miscela neutralizzata desorbita del solfuro di idrogeno in sistema chiuso. La soda spenta può essere anche ossidata con aria umida. Il processo dà luogo ad un effluente acquoso contenente solfati e alcuni tiosolfati e una corrente di aria di ossidazione che deve essere trattata in un post combustore per distruggere gli idrocarburi rimossi dalla soda spenta durante lo stadio di ossidazione. Alternativamente, la soda spenta può essere incenerita sviluppando un'emissione di SO_2 in aria. In questo caso, ipotizzando un tenore di 100 ppm di zolfo nel feedstock, ci si può aspettare un livello specifico di emissione di circa 0,6 kg di SO_2 per t di etilene. Il contenuto relativamente basso di SO_2 prodotto non giustifica normalmente l'impiego di un inceneritore dedicato al trattamento della soda spenta..

C1.2.9. Emissioni fuggitive

La miglior tecnica per ridurre le emissioni fuggitive è l'applicazione di programmi LDAR (Leak Detection and Repair) per l'individuazione delle perdite e conseguente riparazione degli elementi di tenuta individuati.

C1.3 Scarichi idrici

C1.3.1. Acque di processo

Gli scarichi idrici sono da imputare principalmente all'acqua di processo e alle sode spente generate per la rimozione dei gas acidi dal processo.

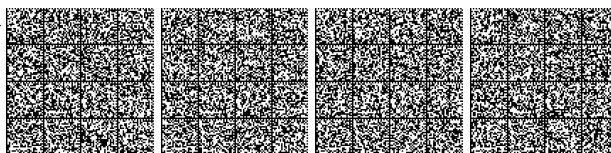
La miglior tecnica per ridurre gli scarichi idrici è il loro utilizzo per la generazione del vapore di diluizione (DSG= Dilution Steam Generation) nella quale si recupera l'acqua di processo per evaporazione con percentuali di circa il 90%. Le unità DSG comprendono tipicamente un sistema di lavaggio per estrarre gli idrocarburi pesanti, un sistema di separazione a coalescenza, una torre di desorbimento per rimuovere gli idrocarburi leggeri e una colonna di rigenerazione o scambiatori di rigenerazione dove l'acqua parzialmente depurata viene ribollita e rinviata ai forni. Gli idrocarburi rimossi nel processo vengono trattenuti nell'impianto e si uniscono alle correnti di olio combustibile. I sistemi DSG possono ridurre considerevolmente il bisogno di acqua di alimentazione alla caldaia, dal momento che il condensato del vapore pulito impiegato per ribollire l'acqua di processo può essere recuperato. Il sistema DSG offre l'ulteriore vantaggio di ridurre significativamente la quantità di acqua di processo che deve essere trattata, mentre allo stesso tempo abbassa il carico di idrocarburi e fenoli.
Viene condotta periodicamente un'azione di spurgo per evitare l'accumulo di contaminanti nel vapore (di solito pari al 10% del flusso totale del vapore di diluizione). Il trattamento dello spurgo richiede la correzione del pH, l'ulteriore separazione della benzina mediante separatore a piastra corrugata o API o ancora per flottazione prima dell'invio all'impianto finale di trattamento acque. Sulle unità più vecchie l'intero vapore di diluizione viene immesso nell'effluente, qualche volta dopo il solo desorbimento degli idrocarburi leggeri.

C1.3.2. Soda spenta

Come è stato detto nel paragrafo C1.1.9, alla fine del trattamento dei gas acidi si produce un refluo denominato soda spenta. Esso contiene carbonato di sodio, bicarbonato di sodio, solfuro di sodio e altri sali inorganici. La soda spenta può essere venduta per il suo contenuto di solfuro di sodio o il recupero dei cresoli, ma più spesso occorre effettuare su di essa ulteriori trattamenti. Essi dipendono dalle condizioni locali e le migliori tecniche consistono nell'applicazione dei seguenti stadi di trattamento:
Pre-trattamento:

- lavaggio di solvente o estrazione liquido-liquido per i polimeri e i precursori di polimeri;
- separazione liquido-liquido e/o coalescenza per la rimozione della fase benzina (che viene quindi riciclata al processo);
- desorbimento con vapore o metano per la rimozione e successivo recupero di idrocarburi (benzene compreso), sebbene si liberi solfuro di idrogeno e mercaptani che necessitano di ulteriori trattamenti.

Stadio di processo (ossidazione):

- la neutralizzazione con un acido forte (acido solforico) o con anidride carbonica libera una miscela gassosa di H_2S/CO_2 che viene bruciata in una torcia per gas acidi o in un inceneritore. Tale trattamento, considerato il più semplice, dà luogo ad emissioni di SO_2 per valori specifici di 60 – 450 g SO_2 per t di etilene (in funzione del contenuto di zolfo presente

nel feedstock). In alcuni casi l'effluente gassoso di idrogeno solforato può essere inviato ad un'unità Claus per il recupero di zolfo. Questa soluzione comporta l'assenza di emissione di SO_2, ma è possibile solo se l'impianto si trova in prossimità di una raffineria o di un impianto di trattamento di gas naturale;
- la neutralizzazione con gas acidi o con i fumi ripartirà i fenoli in una fase oleosa che richiederà ulteriori trattamenti;
- l'ossidazione (catalitica o non catalitica in aria umida, o con ozono) ossida completamente il contenuto di carbonio e solfuri/mercaptani prima dello stadio di neutralizzazione (riducendo significativamente o perfino evitando qualsiasi sviluppo di idrogeno solforato). L'emissione di un effluente di solfati è inevitabile dato che deriva dalla presenza di zolfo nella materia prima.

post trattamento:

- trattamento biologico insieme con altri reflui in un impianto centralizzato;

ossidazione chimica (con perossido di idrogeno).

I valori di riferimento delle emissioni negli scarichi idrici da un impianto centralizzato di trattamento attribuibili ad un impianto di cracking sono riportati nella Tabella C2.

Tabella C.2 Valori di riferimento delle emissioni negli scarichi idrici dall'impianto centralizzato di trattamento

Inquinante	Livello associato alla migliore tecnologia [1] (mg/l) espresso come valore medio giornaliero
Portata	da 0,3 a 0,5 t/t di etilene [2]
pH	7÷8 unità di pH
COD	30÷40 [3] [4]
TOC	10÷15 mg/l e 2÷10 g/t di etilene [4]
Ioni solfuri	0,6
Fosfati	1,5
Azoto	25
Fenoli	0,15
Benzene	0,05
Idrocarburi totali	1,5

1 Non include l'acqua di raffreddamento perché questa non è normalmente trattata.
2 Possibilmente per cariche pesanti la portata è maggiore.
3 Valore assumendo il rapporto COD:TOC pari a 3:1.
4 Valori calcolati a ritroso utilizzando la percentuale di contribuzione degli scarichi idrici all'impianto di trattamento centralizzato.

Gli impianti di cracking non producono rifiuti che richiedono di essere smaltiti in continuo. Circa il 50% della carica è convertita in prodotti con un alto valore commerciale. Il metano prodotto nel processo è utilizzato internamente come fuel-gas. L'olio e la benzina di cracking sono valorizzati come combustibile o carburante.

C1.4 Trattamento dei rifiuti solidi

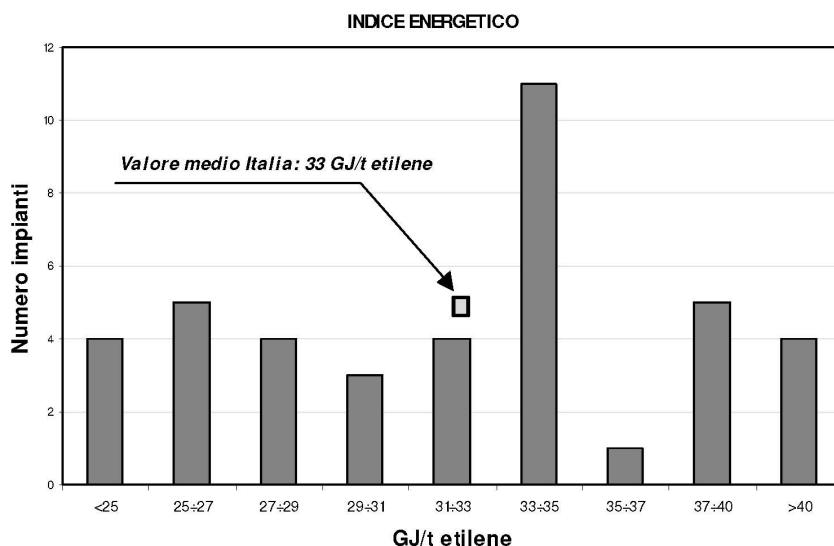
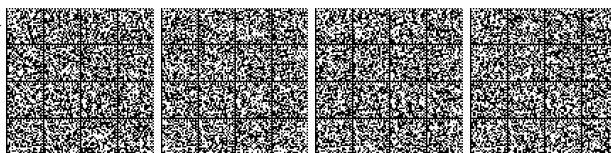
Le migliori tecniche per il trattamento finale dei rifiuti solidi includono:

- l'incenerimento ad opera di ditte autorizzate dei rifiuti organici che sono periodicamente rimossi dall'impianto (per esempio i fanghi sul fondo dei separatori API);
- il recupero dei metalli preziosi contenuti nel catalizzatore esausto ad opera dei medesimi fornitori oppure di ditte specializzate;
- incenerimento o conferimento in discarica della polvere di coke recuperata dall'effluente di decoking.

D Aspetti ambientali: consumi (energetici, idrici, di materie prime)

D1.1 Consumi energetici

I costi energetici del processo sono elevati a causa dell'endotermicità della reazione di steam cracking che richiede il raggiungimento di temperature superiori agli 800 °C per la dissociazione delle cariche e a causa dell'impiego di cicli frigoriferi per la successiva separazione e purificazione dei prodotti a bassissime temperature (ca. – 150 °C). Gli impianti vengono quindi progettati in modo tale da recuperare la massima quantità possibile di energia, producendo nei forni di cracking vapore ad alta pressione che viene fatto espandere nelle turbine che forniscono l'energia necessaria ai cicli frigoriferi.
La valutazione della quantità di energia necessaria per la produzione di una tonnellata di etilene, definita convenzionalmente indice energetico, è calcolata sommando su base congruente le energie associate al consumo o produzione delle varie utilities (energia elettrica, fuel-gas, vapore ecc).
In Figura D.1 è rappresentato il valore medio caratteristico dell'indice energetico (IE) dei vari impianti italiani confrontato con quello degli impianti europei.

Figura D.1 Indice energetico degli impianti italiani confrontato con quelli europei

Fonte: CEFIC (2000) citata in [1]

Come si può vedere, per quanto riguarda l'IE, gli impianti di steam cracking italiani sono allineati con quelli europei.

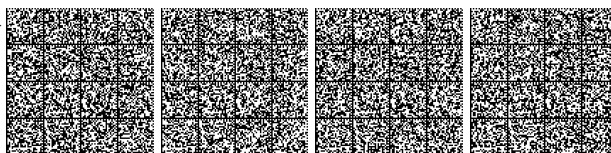
D1.2 Consumi idrici

I consumi e le tipologie principali delle acque utilizzate negli impianti di cracking sono riassunte nella seguente Tabella D.1

Tabella D.1 Consumi idrici per gli impianti italiani di steam cracking

Tipologia di acqua utilizzata	**Valore medio specifico di consumo (t di acqua / t di etilene prodotta)**
Acqua demineralizzata (demi)	3,5
Acqua grezza e acqua di pozzo	0,15

D1.3 Consumi di materie prime

Gli idrocarburi utilizzati principalmente come materia prima sono le virgin nafte (VN) e i gasoli leggeri e pesanti (GOL e GAP) di derivazione petrolifera. Dalle raffinerie adiacenti possono arrivare inoltre correnti gassose di recupero. Sono peraltro da annoverare come materie prime in carica ai forni i ricicli delle successive lavorazioni (etano e propano). Il consumo globale di materie prime per la produzione di 1 tonnellata di etilene ammonta a circa 3,2÷3,8 tonnellate.
Il processo di cracking invia la miscela butadiene/butileni (frazione C4) e la benzina aromatica (BK) prodotte, verso gli impianti di produzione rispettivamente di butadiene e aromatici. Rimangono tuttavia le frazioni denominate raffinati che possono ritornare in carica agli impianti di cracking.

D2 Aspetti ambientali: emissioni (in atmosfera, negli scarichi idrici, termiche, sonore, da vibrazione)

D2.1 Emissioni in atmosfera

Le emissioni in aria dagli impianti di steam cracking sono principalmente originate dalla combustione di fuel-gas ai forni e dove presenti, ai surriscaldatori e alle caldaie necessarie per la produzione di vapore ad alta pressione. Gli inquinanti tipici sono quindi gli ossidi di azoto e il monossido di carbonio. Le emissioni di anidride solforosa e polveri sono trascurabili poiché il combustibile gassoso utilizzato è autoprodotto, esente da zolfo e composto prevalentemente da idrogeno e metano. Inoltre l'operazione di decoking fornisce un contributo trascurabile alla emissione di polveri, dato che l'operazione è discontinua e caratterizzata da una lunga periodicità. I forni di cracking sono infatti in modalità di decoking per circa il 3% del tempo di esercizio.

Le emissioni di composti organici volatili (COV) sono da imputare principalmente alle emissioni fuggitive.

In Figura D.2 sono rappresentati i fattori di emissione in aria degli impianti di cracking italiani confrontati con quelli degli impianti europei (BREF LVOC par. 7.3.2 Air emissions).

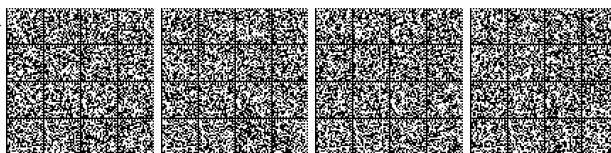
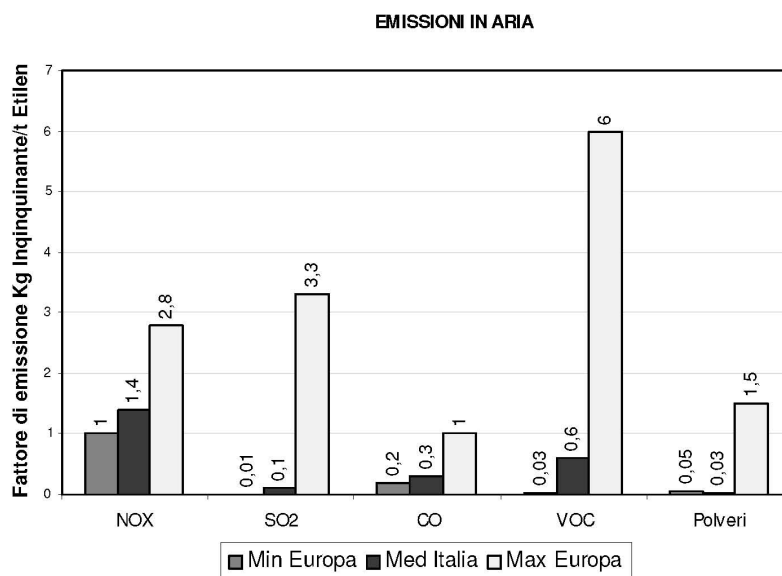
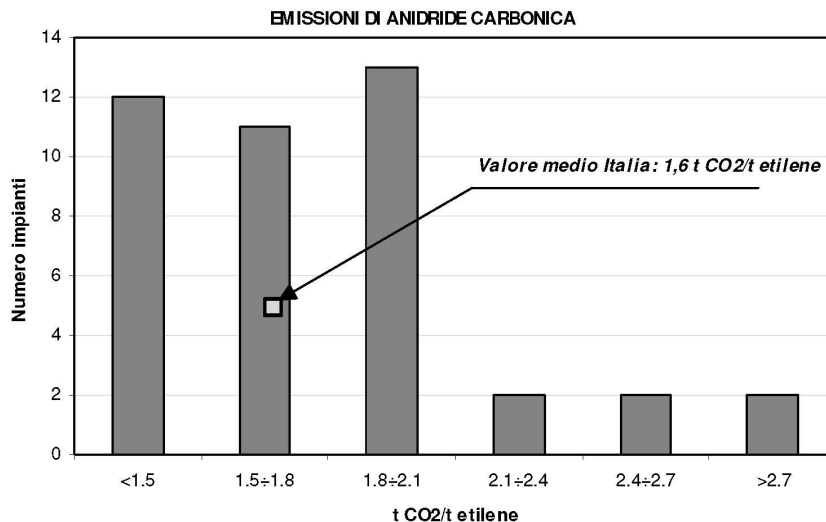
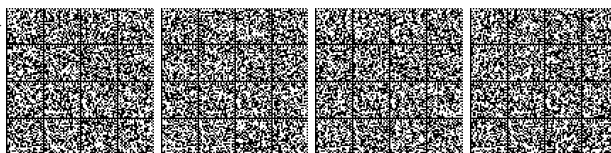
Figura D.2 Fattori di emissioni in aria dei cracking Italiani confrontati con quelli europei

In Figura D.3 sono riportate le emissioni di anidride carbonica degli impianti italiani di steam cracking confrontate con quelle degli impianti europei (BREF LVOC par. 7.3.2 Air emissions).

Figura D.3 Emissioni di CO_2 dei cracking italiani confrontate con quelle europee

Le differenze che si riscontrano sono da ricondurre principalmente alla presenza negli impianti di caldaie e surriscaldatori per la produzione di vapore ad alta pressione, che bruciando ulteriori quantitativi di combustibile costituiscono altre sorgenti di CO_2 in aggiunta ai forni di cracking.

D2.1.1. Forni di cracking

In Tabella D.2 sono riportati gli intervalli di variazione delle concentrazioni di NO_x, SO_2, CO e delle polveri nelle emissioni dai forni degli impianti di steam cracking in Italia. E' da tenere presente che queste concentrazioni, anche in funzione dell'autorizzazione attualmente concessa all'impianto, sono misurate nella maggior parte dei casi al camino centralizzato che, attraverso il collettore/canala fumi e il sistema di recupero di calore, raccoglie i fumi esausti da tutti i forni. Peraltro al camino possono confluire, oltre i fumi dai forni, i fumi esausti di combustione da altre apparecchiature quali le caldaie e i surriscaldatori. Le portate e le concentrazioni in gioco per questi ultimi non sono tali da alterare significativamente i valori riportati.

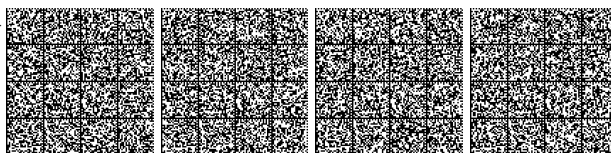
Tabella D.2 Concentrazione degli inquinanti nelle emissioni dai forni

NO_x mg/Nm^3 (1)		SO_2 mg/Nm^3 (1)		CO mg/Nm^3 (1)		Polveri mg/Nm^3 (1)	
Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
90	195	trascurab.(2)	35	1,1	105	<2	5

1 Sul secco, riferito al 3% vol. di ossigeno, alla temperatura e pressione normali di 0° C e 101.325 kPa.
2 L'uso di fuel-gas autoprodotto esclude presenze significative di anidride solforosa.

L'uso di fuel-gas autoprodotto esente da zolfo esclude la presenza significativa di anidride solforosa. Valori più elevati si possono riscontrare per l'uso di olio combustibile alle caldaie oppure per l'uso di fuel-gas approvvigionato temporaneamente dalla rete fuel-gas di raffineria. Il valore massimo di CO riportato è imputabile ad un solo impianto.
Le polveri come si può osservare hanno delle concentrazioni molto basse. Se pur basse, le quantità massive di polveri rilasciate dai forni sono più rilevanti delle quantità massive rilasciate in atmosfera con l'effluente di decoking, che come mostrato successivamente annovera invece delle concentrazioni più elevate.

D2.1.2. Decoking

La concentrazione delle polveri nell'effluente di decoking all'atmosfera è inferiore a 50 mg/Nm^3
Per le condizioni di processo alle quali si svolge l'operazione di decoking la base più appropriata a cui riportare la concentrazione degli inquinanti è il tal quale cioè senza detrazione del volume occupato dal vapore d'acqua e senza rapporto del tenore dell'ossigeno contenuto. I volumi sono da considerare alle condizioni fisiche normali cioè a 0° C e 101,325 kPa. Inoltre le misure sono da condurre nelle fasi di decoking dove la presenza d'aria è significativa per non inficiare il metodo di misura utilizzato.
Peraltro alcune analisi effettuate nelle prime fasi di decoking mostrano delle concentrazioni più elevate, giustificabili con l'elevata variabilità delle condizioni di processo adottate per la pulizia on-line dei serpentini e dei TLE.
Per le emissioni derivanti da combustioni dove si bruciano combustibili liquidi o gassosi, per esempio quelle che si hanno nelle caldaie per la produzione di vapore ad alta pressione delle centrali termoelettriche, normalmente le concentrazioni degli inquinanti sono considerate sul secco e ad un tenore di ossigeno del 3% in volume. Per la combustione di solidi, il tenore di ossigeno di riferimento può salire al 6% o al 11% volume. La percentuale di ossigeno indicata è quella che garantisce condizioni ottimali al processo di combustione.

Dato che l'operazione di decoking non può essere paragonata ad una combustione tipica, anche i riferimenti devono essere considerati congruentemente. L'operazione è condotta variando continuamente i parametri operativi funzionalmente al risultato di rimozione del coke che si vuole ottenere.
Innanzitutto nelle prime fasi è utilizzato vapor d'acqua senza nessun apporto di aria. Il coke è rimosso per l'effetto fisico di erosione del flusso. In queste condizioni far riferimento al secco significherebbe togliere la matrice dove le polveri sono disperse, ipoteticamente concentrando gli inquinanti al 100%.
Nelle ultime fasi è invece utilizzata prevalentemente aria dove il coke è rimosso ancora per azione meccanica ma anche per combustione. Lo scarso coke ancora presente è localizzato soprattutto in agglomerati in corrispondenza dei gomiti e delle connessioni. La combustione è effettuata con un forte eccesso di aria rispetto alla quantità stechiometrica per evitare surriscaldamenti locali che comprometterebbero le caratteristiche del materiale del serpentino e del TLE. Per queste condizioni operative la concentrazione dell'ossigeno si discosta poco da quella presente nell'aria.
Le misure di concentrazione delle polveri nel processo di decoking devono essere effettuate facendo riferimento al tal quale. Inoltre i campionamenti sono da condurre nelle fasi di decoking dove la presenza d'aria è rilevante.

D2.1.3. Torce

Tutti gli impianti sono dotati di torce smokless per convogliare gli scarichi di emergenza.
Le emissioni in torcia sono peraltro minimizzate in tutti gli impianti mediante il sistema di recupero di gas combustibili. Il sistema è costituito da un compressore che aspira dal collettore di torcia i gas e i vapori eventualmente presenti, riciclandoli in un punto opportuno del processo. In caso di emergenza significativa, quando il sistema di recupero non è sufficiente, l'apertura automatica delle guardie idrauliche consente il passaggio degli scarichi verso la combustione in torcia.

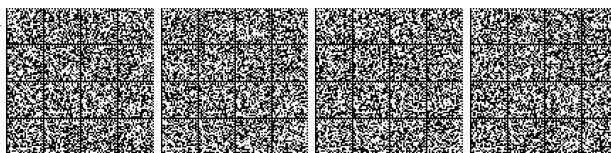
Si raccomanda che gli scarichi di idrocarburi in torcia in un anno e gli specifici relativi alla produzione di etilene ricadano entro il valore di 5÷15 Kg/t etilene, ritenuto il valore migliore best-in-class tra quelli europei (BREF LVOC par. 7.5.4.3 Flaring).

D2.1.4. Emissioni fuggitive

Le emissioni fuggitive devono essere generalmente controllate e minimizzate con continue iniziative per la sostituzione degli organi di tenuta con organi di migliore prestazione, in particolare sui fluidi maggiormente pericolosi (cancerogeni, tossici, ecc), nonché con efficaci prassi di manutenzione preventiva.

Le emissioni fuggitive sono attualmente quantificate utilizzando i fattori medi di emissione USEPA.

Tabella D.3 Fattori di emissione USEPA

Fonte di emissione	Fluido di servizio	Fattore di emissione (g/h/fonte)
Valvole	gas	5,97
	liquido leggero	4,03
	liquido pesante	0,23
Pompe	liquido leggero	19,9
	liquido pesante	8,62
Compressori	gas	228
Valvole di apparecchiature in pressione	gas	104

Fonte di emissione	Fluido di servizio	Fattore di emissione (g/h/fonte)
Connettori	tutti	1,83
Linee	tutti	1,7
Punti di campionamento	tutti	15
n.b.: differenti fattori di emissione dipendono dalla velocità della perdita		

D2.2 Scarichi idrici

Gli scarichi idrici sono originati principalmente da:

- soluzione acquosa al 2÷5% peso circa di soda spenta provenienti dalla colonna di lavaggio caustico del gas di cracking, per l'abbattimento di CO_2 e H_2S;
- dal blow down continuo del sistema di produzione del vapore di diluizione.

Le sode spente che fuoriescono dal fondo colonna di lavaggio caustico, prima di essere inviate ai limiti di batteria dell'impianto sono decantate e degasate per recuperare gli idrocarburi pesanti solubili e quelli leggeri disciolti. Fuori dai limiti di batteria le sode spente sono inviate normalmente ad un impianto di ossidazione con aria. Il trattamento di ossidazione è preceduto da un trattamento fisico di disoleazione e filtraggio per eliminare gli oli e i solidi. L'ossidazione con aria trasforma i composti solforati in solfati. Le sode ossidate sono inviate agli impianti biologici, dopo ulteriori trattamenti chimico-fisici tra cui la neutralizzazione con acido solforico concentrato.

Gli scarichi dal blow down, dopo i trattamenti chimico-fisici di disoleazione, decantazione, flocculazione ecc, sono inviati all'impianto biologico.

In Figura D.4 sono confrontati i quantitativi degli scarichi idrici degli impianti italiani con quelli europei (BREF LVOC par. 7.3.3.3 Total aqueous effluent stream).

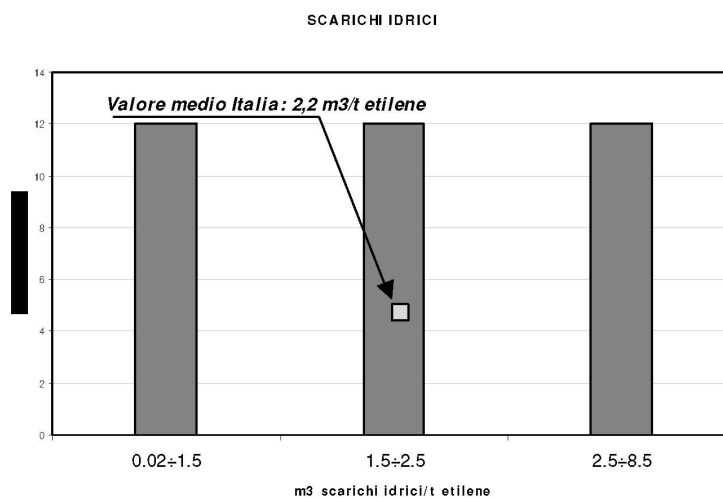
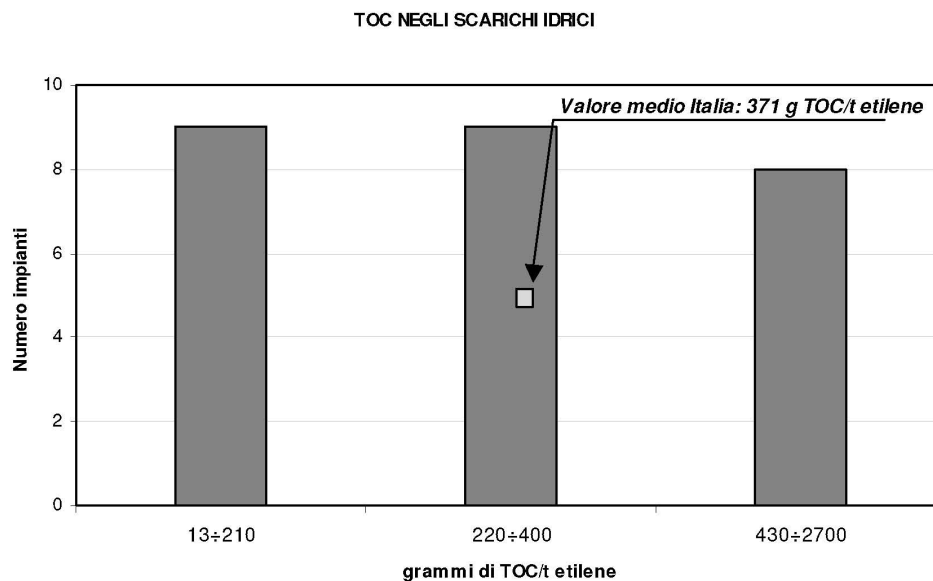
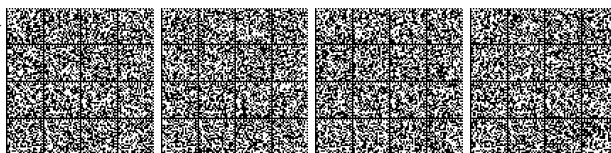
Figura D.4 Quantitativi degli scarichi idrici degli impianti italiani di steam cracking

In Figura D.5 sono confrontati i quantitativi di TOC negli scarichi idrici degli impianti di cracking italiani con quelli europei (BREF LVOC par. 7.3.3.3 Total aqueous effluent stream) prima che gli effluenti siano trattati per lo scarico finale nel corpo idrico.

Figura D.5 TOC negli scarichi idrici

Come si può vedere gli scarichi idrici degli impianti di steam cracking italiani in termini di quantità e di TOC sono in linea con quelli europei.
Tutte le acque di processo sono collettate ed inviate ad impianti biologici centralizzati che hanno un rendimento di abbattimento rispetto al TOC del 85÷92%

D2.3 Emissioni termiche

Le emissioni termiche sono originate principalmente dalle:

- emissioni dei gas esausti di combustione;
- dall'acqua di mare utilizzata per il raffreddamento delle apparecchiature;
- dagli scambiatori di calore ad aria;
- dissipazione termica delle apparecchiature.

Queste emissioni termiche sono inevitabili. La temperatura dei gas esausti in uscita all'atmosfera dai camini è la più bassa possibile compatibilmente con la temperatura di rugiada al disotto della quale si ha la formazione di condense corrosive per le apparecchiature. L'acqua di mare e l'aria sono utilizzate per raffreddare delle correnti di processo il cui livello termico e temperatura non è più utilizzabile per nessun servizio come la produzione di vapore oppure il preriscaldamento di altre correnti di processo. Inoltre lo scarico dell'acqua mare deve sottostare ai disposti del D.Lgs. 152/99 per quanto concerne le variazioni delle temperature e dei profili termici rispetto al corpo idrico ricettore finale.
Le apparecchiature calde e fredde sono normalmente tutte coibentate sia per evitare le dissipazioni termiche che per ragioni di sicurezza.

D2.4 Emissioni sonore

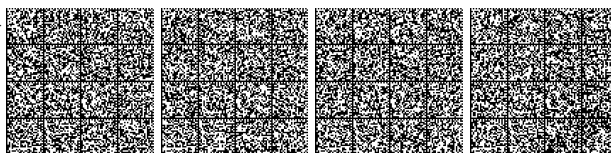
Gli impianti svolgono attività industriali di tipo continuo ed utilizzano macchine di tipo alternativo, pompe, soffianti, compressori,... ecc. che sono sorgenti di rumore.
Il DPCM 14/11/97 disciplina l'immissione del rumore dagli impianti verso l'esterno del sito. Per verificare l'impatto delle sorgenti rumorose all'esterno dello stabilimento devono essere condotte delle campagne di misura al perimetro dello stesso. Inoltre il D.Lgs. 277/91 impone la minimizzazione del rumore alla fonte ai fini della tutela del personale.

D2.5 Emissioni da vibrazioni

Le vibrazioni generate dagli impianti non sono di solito rilevanti al di fuori del perimetro dello stabilimento dove sono situati gli impianti.

D3 Aspetti ambientali: produzione di rifiuti

I rifiuti solidi prodotti dall'impianto sono costituiti essenzialmente da carbone prodotto dalla fase di decoking dei forni, dal carbone separato nella filtrazione del FOK e dai residui di lavaggio delle apparecchiature. In tutti i casi, tali rifiuti sono manipolati in forma umida al fine di evitare la formazione di polvere ed inviati in apposita discarica previa caratterizzazione.

A tali rifiuti, prodotti su base continuativa si aggiungono i catalizzatori e gli adsorbenti esausti, prodotti con cadenza tipica quinquennale.
Nel processo per la produzione di etilene e propilene si utilizzano reattori catalitici a letto fisso per idrogenare i composti acetilenici, setacci molecolari per l'essiccamento delle diverse correnti circolanti e materiali adsorbenti per la produzione di idrogeno puro.
Ad esaurimento dell'attività dei catalizzatori, dei setacci molecolari e dei letti adsorbenti, si procede alla loro sostituzione. Il catalizzatore esausto è inviato al recupero del metallo prezioso prima di essere smaltito, mentre i setacci molecolari ed il materiale adsorbente sono, previa caratterizzazione, inviati a discarica.
La produzione di rifiuti pericolosi è di 0,4÷5,3 Kg/t etilene. La produzione di rifiuti non pericolosi è di 1,3÷5 Kg/t etilene.

D4 Aspetti ambientali: analisi dei rischi

Gli impianti di steam cracking lavorano a ciclo continuo e normalmente sono fermati ogni cinque anni per provvedere ai controlli e ispezioni previsti dalla normativa, alle manutenzioni e alle modifiche migliorative.

Peraltro si possono riscontrare delle situazioni anomale dovute soprattutto a malfunzionamenti esterni agli impianti come la mancanza di energia elettrica oppure la mancanza di utilities quali l'acqua di mare, necessaria al raffreddamento delle apparecchiature, l'aria strumenti e il vapore.

Tra le cause esterne di anomalia sono da considerare anche quelle non prettamente tecniche:

- difficoltà logistiche che non rendono disponibile la carica da inviare ai forni oppure non consentono il ritiro dei prodotti creando la cosiddetta situazione di alto stoccaggio;
- agitazioni sindacali.

I malfunzionamenti interni agli impianti sono da ascrivere invece nella maggior parte dei casi:

- a rotture dei forni di cracking;
- alle macchine rotanti in particolare i compressori di processo e quelli dei cicli frigo propilene ed etilene;
- agli sporcamenti di apparecchiature.

Per tutte le situazioni anomale interne ed esterne sono previste delle procedure manuali o automatiche, realizzate dai sistemi di blocco, che permettono il ripristino della situazione normale oppure della fermata della sezione interessata all'anomalia. Normalmente in queste circostanze il carico all'impianto è ridotto provvedendo alla fermata di qualche forno di cracking.
Nei casi di maggior gravità si può rendere necessario la fermata in sicurezza dell'intero impianto.

Le situazioni anomale da un punto di vista ambientale possono rendere necessario al più lo scarico di idrocarburi al sistema di blow down dando luogo ad emissioni di fumi di combustione dalle torce. Queste fasi sono peraltro controllate per utilizzare il sistema di blow down nel punto ottimale di funzionamento, in particolare per evitare rumori e fumi neri dal terminale delle torce smokless.

Gli scarichi in torcia sono possibili anche durante la fermata e avviamento degli impianti per consentire per esempio in fermata lo svuotamento completo delle apparecchiature prima di ulteriori bonifiche, oppure in avviamento per disporre dei gas presenti quando ancora non tutte le apparecchiature possono essere pronte. Dette attività sono peraltro regolate da procedure per disciplinare lo scarico alle torce.

D5 Migliori tecniche e tecnologie

I bruciatori dei forni di cracking sono normalmente alimentati con gas naturale oppure più tipicamente con fuel-gas autoprodotto. Le emissioni di anidride solforosa e polveri sono in questo modo trascurabili. Il controllo della combustione minimizza l'emissione dei COV

Per i nuovi forni sono impiegati bruciatori ULNB (Ultra Low NO_x Burners) a bassissima emissione di NO_x, che permettono una concentrazione di NO_x nell'emissione di 75÷100 mg/Nm^3 [2]. In alternativa per i nuovi impianti possono essere usati reattori per la riduzione catalitica degli ossidi di azoto denominati de-NO_x SCR (Selective Catalitic Reactor), con i quali si possono ottenere delle concentrazione di NO_x di 60 mg/Nm^3 [2].
Per i forni esistenti l'applicazione di queste tecnologie dipende dalla fattibilità dell'installazione.
Per le emissioni di monossido di carbonio la miglior tecnologia prevede l'uso di analizzatori on-line sui gas combusti, asserviti a pacchetti standard per il controllo della combustione. In questo modo si possono ottenere delle concentrazioni di CO nell'emissione di 20 mg/Nm^3 [2].
La minimizzazione dell'emissione di anidride carbonica è ottenuta utilizzando forni ad alta efficienza e per mezzo dell'integrazione termica.

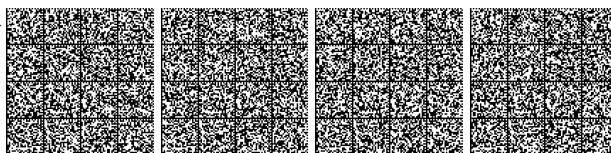
Per l'operazione di decoking l'uso di elaborati sistemi per abbattere le polveri non è appropriato, poiché i forni sono in decoking solo per il 3% del tempo.
La migliore tecnologia prevede l'abbattimento delle polveri per mezzo di cicloni sull'effluente di decoking allo stato vapore, oppure attraverso lavaggi a umido. Alternativamente è possibile inviare l'effluente di decoking nella zona radiante del forno. Con queste tecniche è raggiungibile un contenuto di polveri inferiore a 50 mg/Nm^3 [3] (valore mediato su un'ora).

E APPROFONDIMENTO, OVE NECESSARIO, DELLE TECNICHE ANALIZZATE NEI BREF COMUNITARI E DEFINIZIONE, OVE POSSIBILE, DEL RANGE DI PRESTAZIONE DELLE DIVERSE TECNICHE

Le tecniche analizzate nei BREF comunitari sono sufficientemente approfondite.

F IDENTIFICAZIONE DI EVENTUALI TECNICHE ALTERNATIVE E DEFINIZIONE, OVE POSSIBILE, DEL RANGE DI PRESTAZIONE DI TALI TECNICHE

La tendenza recente che accompagna lo sviluppo di nuovi processi di produzione di olefine riguarda l'impiego di frazioni pesanti come carica nei forni di cracking. Di conseguenza aumenta il grado di severità delle condizioni operative e la resistenza dei materiali di rivestimento dei reattori.

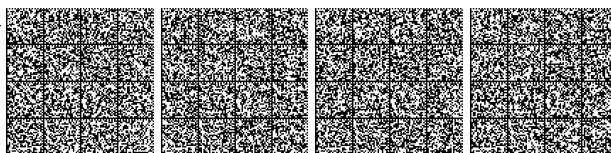
[2] Da intendere come media su 30÷60 minuti, alla temperatura e pressione normali di 0° C e 101.325 kPa, sul secco detraendo il volume occupato dal vapore d'acqua e rapportando il tenore dell'ossigeno contenuto al 3% in volume.
[3] In questo caso non è riportata la base o il riferimento a cui rapportare la misura.

Si riporta di seguito un breve sommario dei principali processi alternativi a quelli tradizionali sviluppati recentemente:

1. Reattore di steam cracking avanzato (Advanced Cracked Reactor) della UCC e della Chyoda. Reattore rivestito di materiale ceramico; temperatura di 2000 °C e pressione di 3,5 bar in presenza dei gas di combustione del combustibile di processo e del vapore.
2. Processo Lurgi. Preriscaldamento a 350 °C della carica, iniezione della carica insieme con il vapore nel forno e raggiungimento in un tempo di 0,3 – 0,5 sec di temperature di 1330 – 1550 °C. Il reattore è del tipo a letto fluidizzato circolante.
3. India, Brasile, Svezia e Cina hanno prodotto etilene dalla deidrogenazione catalitica di etanolo ottenuto a sua volta dalla fermentazione di biomasse. L'etanolo vaporizzato viene fatto passare su un letto fisso di allumina attivata e acido fosforico a 295- 315 °C. Il calore necessario per la reazione endotermica viene fornito dal calore di condensazione del vapore; la temperatura di processo deve essere accuratamente controllata per minimizzare la formazione di acetaldeide o etere. I gas di processo vengono sottoposti a quench, lavaggio con soda e, dopo compressione vengono purificati con carboni attivi. Il principale svantaggio deriva dalla produzione di effluenti liquidi. La resa è del 96%
4. Processo "Triolefine" della Philips Petroleum per il disproporzionamento del propilene in etilene e butilene. Una corrente di propilene – propano demetanata reagisce cataliticamente a 7 bar e 360 – 450 °C . I gas di processo vengono frazionati per recuperare etilene e butene. Con il riciclo del propano la conversione del propilene è del 40%.
5. Processo Sasol per la produzione di etilene utilizzando come materia prima i prodotti della gassificazione del carbone o della sintesi Fischer – Tropsch. Il reattore è a letto fluido circolante con catalizzatore a base di ferro operante alla pressione di 140 – 450 bar. Accanto all'etilene vengono prodotte rilevanti quantità di metano. L'economicità del processo dipende dai costi del carbone.
6. Il processo di disproporzionamento delle olefine può essere conveniente solo se la domanda di propilene cresce più rapidamente del fabbisogno di etilene. Il disproporzionamento consiste nello scambio dei gruppi alchidenici tra due olefine. Il più semplice esempio di questa reazione è rappresentato dal disproporzionamento di due moli di propilene in una mole di etilene e in una mole di butene. I catalizzatori hanno come base i metalli di molibdeno, tungsteno e rhenio.

F1 Emissioni gassose da Forni

I moderni cracker sono caratterizzati da sistemi di recupero energetico molto efficienti basati: 1) sulla generazione di vapore ad alta pressione che funge da motore per le turbine; 2) sul recupero di calore dei fumi per il preriscaldamento dell'aria comburente e per l'acqua di alimentazione della caldaia. Le più importanti società di ingegneria che possiedono il know – how degli impianti di steam cracking offrono soluzioni parimenti valide dal punto di vista dell'impatto ambientale; la differenza nella scelta si basa su considerazioni di costo di installazione, prestazioni operative, flessibilità nell'operazione, manipolazione e trattamento di una carica particolare. La scala degli impianti Europei di produzione di Etilene è cresciuta da una capacità media installata iniziale di 220.000 t/a negli anni '60 a 550.000 t/a nel periodo 1990-95. La scala "mondiale" attuale è considerata essere di circa 600.000-800.000 t/a.

I principali inquinanti presenti negli effluenti gassosi sono: CO_2, CO, NOx, COV. I fattori di maggiore influenza sulla loro emissione sono elencati nei seguenti punti:

- tipologia di bruciatore (convenzionale o a bassa emissione di NOx);
- presenza dell'idrogeno nel gas combustibile (aumento delle emissioni di NOx);

- controllo della combustione con sistemi avanzati (massima efficienza di recupero termico e minima emissione di CO) o convenzionali;
- depurazione delle correnti gassose attraverso il loro ricircolo nei forni;
- preriscaldamento dell'aria comburente o ricircolo dei fumi provenienti dalle turbine a gas (miglioramento dell'efficienza termica ma aumento delle emissioni di NOx)

F1.1 Emissioni di NOx

Non sono attualmente note tecniche alternative a quelle illustrate nel paragrafo C 1.2.1.

F1.2 Emissioni di CO

Le emissioni di CO sono correlate alla presenza di ossigeno nei fumi. Maggiore è la quantità di ossigeno in eccesso, minore è la quantità di CO; ma allo stesso tempo minore è l'efficienza energetica della combustione. L'applicazione del sistema di controllo avanzato della combustione (dotato di analizzatore in continuo di CO) permette di garantire elevata efficienza e bassa emissione di CO (fino a valori inferiori a 20 mg/Nm^3)

F1.3 Emissioni di VOC

Le emissioni di VOC dai forni sono trascurabili. In alcuni casi i forni di cracking sono progettati per trattare le correnti di rigenerazione delle apparecchiature e/o altre correnti gassose, dato che la combustione dei forni rappresenta una via di trattamento più efficiente di altre opzioni. L'efficienza di combustione è del 100%.

F1.4 Emissioni di SO_2

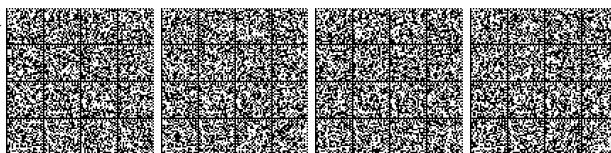
Anche queste emissioni sono trascurabili perché il combustibile è gas di recupero (metano/idrogeno) o gas naturale virtualmente privi di zolfo.

F1.5 Emissioni di coke dall'operazioni di decoking

Come tecnica alternativa a quelle già illustrate nel paragrafo C1.2.2 per il trattamento delle polveri di coke nelle emissioni gassose, si può citare l 'uso di inibitori chimici del coking (dimetil solfuro e dimetil disolfuro); mediante il loro utilizzo si può limitare l'azione catalitica esercitata dalle leghe a base di nickel di cui sono costituiti i serpentini

F.2 Combustione in torcia

- Non sono attualmente note tecniche alternative a quelle illustrate nel paragrafo C1.2.3

F.3 Punti di emissione

Valvole di sfiato in atmosfera. Non sono attualmente note tecniche alternative a quelle illustrate nel paragrafo C1.2.7.

Apparecchiature rotanti. Non sono attualmente note tecniche alternative a quelle illustrate nel paragrafo C1.2.6.

Punti di campionamento. I punti di campionamento rappresentano un rischio potenziale di emissione all'atmosfera. Si possono usare tecniche on-line, automatizzate e a chiusura ermetica di campionamento. Gli analizzatori on-line usano assetti di campionamento basati su cicli veloci, cosicché le uniche emissioni provengono dalle valvole che danno origine a flussi di pochi millilitri per ora.

Deposito intermedio. Non sono attualmente note tecniche alternative a quelle illustrate nel paragrafo C1.2.5.

F.4 Trattamento del gas acido

Non sono attualmente note tecniche alternative a quelle illustrate nel paragrafo C1.2.8.

F.5 Scarichi idrici

Non sono attualmente note tecniche alternative a quelle illustrate nel paragrafo C1.3

F.6 Trattamento della soda spenta

- Non sono attualmente note tecniche alternative a quelle illustrate nel paragrafo C1.3.2

F.7 Lavaggio del feedstock con ammine

Non sono attualmente note tecniche alternative a quelle illustrate nel paragrafo C3.1.2.

F.8 Consumi energetici

Le più importanti misure per l'aumento dell'efficienza energetica vengono schematicamente riportate qui di seguito:

<u>Sezione di cracking</u>

- miglioramento della selettività dei serpentini per ottenere maggiori quantità di prodotto;
- maggiori recuperi termici dei TLE per minori perdite di carico;
- aumento globale dell'efficienza di combustione;
- utilizzo di TLE secondari per gli impianti di steam cracking alimentati a feedstock gassoso;

<u>Sezione di raffreddamento e compressione del gas prodotto</u>

- maggiore temperatura di fondo del frazionatore;
- migliore uso del recupero termico dall'acqua di quench;
- riduzione delle perdite di carico negli interstadi del compressore;
- migliore utilizzo di gas esausto di turbina per il preriscaldamento dell'aria.

Sezione di refrigerazione e frazionamento a freddo

- inserimento di un espansore sul demetanatore a gas per ottimizzare il preraffreddamento dell'alimentazione;
- inserimentodi ribollitori laterali per raggiungere un recupero più efficiente di frigorie;
- aumento delle superfici di scambio termico;

Servizi

- aggiunta di turbina a gas/generatore elettrico;
- ottimizzazione dell'equilibrio tra vapore ed elettricità;
- miglioramento delle efficienze dei compressori e dei motori.

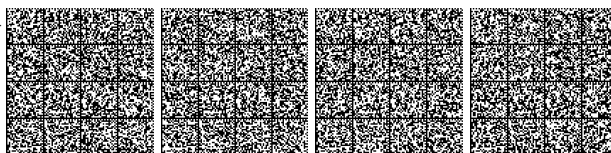
G ANALISI DELL'APPLICABILITA' AD IMPIANTI ESISTENTI DELLE TECNICHE DI PREVENZIONE INTEGRATA DELL'INQUINAMENTO ELENCATE NEL PUNTO PRECEDENTE, ANCHE CON RIFERIMENTO AI TEMPI DI ATTUAZIONE

G1 Bruciatori a bassissima emissione di NO_x

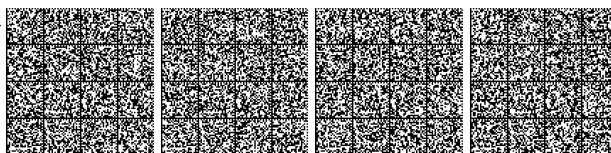
Per quanto riguarda i sistemi di trattamento delle emissioni di NOx, si vuole far notare che alcune delle tecniche indicate tra le migliori disponibili, presentano seri problemi di applicabilità per gli impianti esistenti. Ciò vale soprattutto per i bruciatori a bassissima emissione di NO_x (ULNB).

I motivi del mancato impiego sono i seguenti:

- la tecnologia non è ancora adattabile ai forni esistenti e comporta modifiche rilevanti e complesse;
- la loro adozione comporterebbe un maggiore consumo di combustibile;
- aumento dell'emissione di NOx termico a causa dell'impiego dell'idrogeno come combustibile;
- aumento dell'emissione di NOx termico per effetto del preriscaldamento dell'aria.

Qui di seguito vengono esaminati in dettaglio i punti elencati
Modifiche rilevanti e complesse dei forni
L'impiego di bruciatori Ultra Low NO_x (ULNB) non comporta la semplice sostituzione di quelli esistenti ma esige anche la riprogettazione completa del forno.
Il combustibile bruciato nel forno può essere inviato ai bruciatori di pareti o ai bruciatori di suola della camera radiante. La percentuale di ripartizione nelle due zone dipende dalla tecnologia fornita dalla società di ingegneria. Per esempio alcune società di ingegneria prevedono bruciatori solo di suola mentre altre solo di parete. Se la soluzione di modifica proposta divide il combustibile in suola e in parete diversamente da come è effettuato per il forno esistente, in relazione alle dimensioni e alle capacità dei bruciatori ULNB disponibili commercialmente, è necessario un numero di bruciatori di suola e parete diverso. Un numero di bruciatori diverso comporta una spaziatura tra gli stessi diverso, escludendo la possibilità di interventi minori sul refrattario nell'intorno del bruciatore esistente, per posizionare quello nuovo. Oltre che la indispensabile

creazione di appositi alloggiamenti, per installare i nuovi bruciatori ULNB sono quindi spesso necessari interventi consistenti sui refrattari di suola e parete.
Lo studio di modifica della zona radiante del forno (refiring) per installare i nuovi bruciatori è normalmente condotto contestualmente allo studio di modifica dei serpentini di processo (recoil) immersi nella camera radiante stessa.
La necessità di serpentini di nuova geometria è dettata dai diversi profili termici indotti dai nuovi bruciatori installati. Con i nuovi tipi di bruciatori la diminuzione degli NO_x è infatti ottenuta riducendo la temperatura di fiamma con tecniche di "combustion staging" e inducendo delle ricircolazioni interne alla camera radiante del gas parzialmente combusto. Questo porta tendenzialmente ad uniformare e ad abbassare i valori della temperatura nella camera radiante. Per ottenere le stesse efficienze termiche e consentire lo stesso scambio termico è allora necessario, avendo a disposizione un intervallo di temperatura tra processo e fluido riscaldante inferiore e disporre di maggiore superficie di scambio termico.
Infine non è detto che non sia necessario modificare altre apparecchiature come le bancate della zona convettiva, per bilanciare le diverse efficienze di combustione in camera radiante, oppure modificare il tiraggio necessario per l'aspirazione dell'aria nel forno, il che può comportare a sua volta, nel caso di impiego di aria forzata, di sostituzione dei ventilatori di aspirazione ed estrazione e nel caso di aspirazione naturale di possibili interventi sulle serrande di regolazione o sui condotti di ingresso aria.
Queste scelte dipendono inoltre dalle dimensioni del forno in termini di altezza, larghezza e lunghezza della camera radiante in relazione alla capacità nominale del forno.
Per un forno già installato, con volumi diversi rispetto a un forno di nuova concezione, gli interventi elencati sopra per ottenere delle migliori prestazioni ambientali si traducono in costi di investimento elevati che si avvicinano in ordine di grandezza a quelli per un nuovo forno.

Maggiore consumo di combustibile
Si fa rilevare che i bruciatori ULNB hanno delle temperature di fiamma più basse. Poiché lo scambio termico in camera radiante per la tipologia dei forni di cracking avviene prevalentemente per irraggiamento, l'efficienza termica risulta tendenzialmente più bassa. Questa circostanza può condurre ad uno specifico di fuel-gas, calcolato rispetto ai prodotti principali etilene e propilene, più alto con un aumento delle quantità massive di fumi emesse dal camino in atmosfera. Quindi, se la concentrazione degli NO_x diminuisce, le quantità massive di NO_x rilasciate non diminuiscono proporzionalmente. Inoltre aumenta la quantità di CO_2 prodotta. Si può stimare che una modifica dei forni comporta un consumo maggiore di fuel-gas del 3% a parità di prodotti utili etilene e propilene prodotti.
Altro svantaggio è la minor stabilità delle fiamme che può comportare la necessità di decoking più frequenti ed una durata inferiore del materiale dei serpentini.

Effetto dell'idrogeno sugli NO_x
La composizione del fuel-gas autoprodotto utilizzato nella combustione dei forni è costituita da una miscela di metano e idrogeno: CH_4 = 80%v; H_2 = 20%v.
È noto che la combustione dell'idrogeno aumenta la formazione di NO_x a causa dell'aumento della temperatura di fiamma. Dal BREF LVOC par. 7.4.2.1 Gas-fired furnaces and steam-superheaters si evince che la presenza di idrogeno può fare aumentare del 25% la formazione di NO_x.
Ad esempio se si utilizzasse un fuel-gas costituito solo da metano, un valore massimo di NO_x di 150 mg/Nm³ misurato nei fumi dei forni si ridurrebbe ad un valore di 113 mg/Nm³. Ciò comporterebbe, a causa di un potere calorifico inferiore del metano rispetto all'idrogeno, un maggior consumo di fuel-gas a parità di calorie necessarie per il processo di cracking. Tuttavia la combustione dell'idrogeno non produce il gas serra anidride carbonica. E' stato calcolato che la maggiore quantità di CO_2 prodotta con fuel-gas esente da idrogeno è pari a circa 500 kg per ogni kg di NO_x ridotto.

Effetto del preriscaldamento dell'aria sugli NO_x
In alcuni forni degli impianti l'aria comburente ed il fuel-gas sono preriscaldati prima di essere inviati ai bruciatori. È noto che la combustione con aria preriscaldata aumenta la formazione di NO_x a causa dell'aumento della temperatura di fiamma. Da dati di letteratura risulta che il preriscaldo di aria a 180°C può comportare un incremento del 22% sulla formazione degli NO_x.
Ad esempio se non si preriscaldasse l'aria comburente, un valore massimo di NO_x di 150 mg/Nm³ misurato nei fumi dei forni si ridurrebbe ad un valore di 117 mg/Nm³. Ciò però comporta un maggior consumo di fuel-gas a parità di temperatura in camera radiante necessaria al processo di cracking. E' stato calcolato che la maggiore quantità di CO_2 prodotta sarebbe pari a circa 1600 kg per ogni 1 kg di NO_x ridotto.

G2Programmi LDAR (Leak Detection and Repair)

Può essere adottato un sistema di gestione per il rilevamento delle emissioni fuggitive e manutenzione dei relativi organi, al fine della loro riduzione.

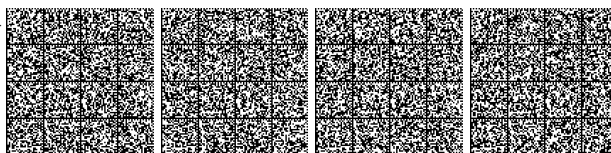
G3Generazione del vapore di diluizione dall'acqua di processo

Su uno dei cracker italiani il recupero di calore a basso livello è fatto in modo diverso rispetto alla maggior parte dei cracking europei.

In primo luogo i vapori provenienti dalla testa del frazionatore primario sono inviati direttamente al ribollitore dello splitter propano/propilene per fornire alla colonna il calore necessario alla distillazione.
Sugli altri cracking è invece presente la colonna di quench che, recuperando calore dai vapori di testa del frazionatore primario, produce acqua di quench a temperatura sufficiente per scaldare altri fluidi.

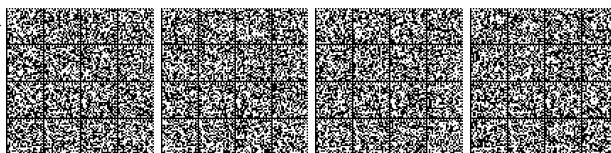
Inoltre, proprio per questa configurazione diversa, la corrente di fondo del frazionatore primario si trova ad una temperatura di circa 20-30 gradi inferiore al dato degli altri cracking. Una temperatura così bassa non consente un recupero termico di calore per la produzione di vapore di diluizione alla pressione e temperatura necessarie. Peraltro il calore associato alla circolazione dell'olio di quench separato sul fondo del frazionatore primario, è recuperato per la produzione di vapore a bassa pressione e per il preriscaldo di alcune correnti di processo. Il recupero di calore sulla corrente uscente dal fondo del frazionatore primario è pari al 60% circa del calore totale disponibile, dato in linea con i valori di recupero degli altri cracking.

G4 Valvole di sicurezza non collettate

Possono essere previsti interventi per la riduzione dell'impatto ambientale relativo allo scatto di alcune valvole di sicurezza (safety valves = SV) che non sono collettate a nessun sistema di blow down.

L'obiettivo può essere raggiunto attraverso l'installazione di valvole di sezionamento, oppure col convogliamento a blow down dello scarico di determinate valvole di regolazione o ancora aumentando l'affidabilità della strumentazione di regolazione e di blocco automatica e manuale.

H ELENCARE (SULLA BASE DELL'APPROFONDIMENTO E DELL'ESTENSIONE DELLE ANALISI SVOLTE IN SEDE COMUNITARIA), LE MIGLIORI TECNICHE DISPONIBILI PER LA PREVENZIONE INTEGRATA DELL'INQUINAMENTO DELLO SPECIFICO SETTORE IN ITALIA

Tutte le migliori tecnologie descritte nei BREF Comunitari sono state applicate ad eccezione di:
- bruciatori Ultra Low NO_x; per ridurre le emissioni di NO_x dai forni;
- programmi LDAR (Leak Detection and Repair) per l'individuazione e riduzione delle emissioni fuggitive.

Alcune migliori tecnologie non sono applicate solo su alcuni impianti e per situazioni contingenti in particolare:
- la generazione del vapore di diluizione dall'acqua di processo;
- il collettamento delle SV verso sistemi di blow down.

I Bibliografia

[1] Integrated Prevention and Pollution Control: Reference Document on Best Available Techniques in the Large Volume Organic Chemical Industry – February 2003 (European Commission)
[2] CEFIC (2000) Lower Olefins Process BREF: Crackers energy consumption survey (data revision for EIPPCB)
[3] InfoMil (2000) # 83 Dutch Notes on BAT for Large Volume Organic Chemical Industry
[4] Sito internet di Polimeri Europa: www.polimerieuropa.it

09A01015

DECRETO 1° ottobre 2008.

Linee guida per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili in materia di industria alimentare, per le attività elencate nell'allegato I del decreto legislativo 18 febbraio 2005, n. 59.

IL MINISTRO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE

DI CONCERTO CON

IL MINISTRO DELLO SVILUPPO ECONOMICO

E

IL MINISTRO DEL LAVORO, DELLA SALUTE E DELLE POLITICHE SOCIALI

Visto il decreto legislativo 18 febbraio 2005, n. 59, recante «Attuazione integrale della direttiva 96/61/CE relativa alla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento» e in particolare l'art. 4, comma 1, che prevede l'emanazione di linee guida per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili, nonché che l'autorizzazione integrata ambientale sia rilasciata, tra l'altro, nel rispetto delle linee guida medesime e l'art. 4, comma 2, che prevede che, fino all'istituzione di una nuova commissione integrata secondo le disposizioni dello stesso comma, operi la commissione istituita con decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio del 19 novembre 2002 (pubblicato nella *Gazzetta Ufficiale* della Repubblica italiana n. 302 del 27 dicembre 2002) ai sensi dell'art. 3, comma 2 del decreto legislativo n. 372/1999;

Acquisiti gli elaborati tecnici riportati in allegato al presente decreto, predisposti dalla commissione istituita con decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio del 19 novembre 2002 (pubblicato nella *Gazzetta Ufficiale* della Repubblica italiana n. 302 del 27 dicembre 2002) ai sensi dell'art. 3, comma 2 del decreto legislativo n. 372/1999;

Sentita la Conferenza unificata istituita ai sensi del decreto legislativo 28 agosto 1997, n. 281, nella seduta del 20 marzo 2008;

Decreta:

Art. 1.

Emanazione delle linee guida per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili

1. Ai sensi dell'art. 4, commi 1 e 2, decreto legislativo 18 febbraio 2005, n. 59, sono emanate linee guida recanti i criteri specifici per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili, per gli impianti esistenti che esercitano le attività rientranti nelle categorie descritte ai seguenti punti dell'allegato I del medesimo decreto:

«6.4:

b) trattamento e trasformazione destinati alla fabbricazione di prodotti alimentari a partire da: materie prime animali (diverse dal latte) con una capacità di produzione di prodotti finiti di oltre 75 tonnellate al giorno ovvero materie prime vegetali con una capacità di produzione di prodotti finiti di oltre 300 tonnellate al giorno (valore medio su base trimestrale);

c) trattamento e trasformazione del latte, con un quantitativo di latte ricevuto di oltre 200 tonnellate al giorno (valore medio su base annua).».

Tali linee guida, che costituiscono parte integrante del presente decreto, sono riportate in allegato.

2. Per criteri di tipo generale e per la definizione dei sistemi di monitoraggio, relativamente alle categorie di attività citate al comma 1, le linee guida riportate in allegato sono da considerarsi unitamente alle linee guida generati e alle linee guida in materia di sistemi di monitoraggio già emanate per le attività rientranti nelle categorie descritte ai punti 1.3, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5 e 6.1 nell'allegato I del decreto legislativo 4 agosto 1999, n. 372, con decreto del 31 gennaio 2005, pubblicato nel supplemento ordinario n. 107 alla *Gazzetta Ufficiale* n. 135 del 13 giugno 2005.

Art. 2.

Entrata in vigore

1. Il presente decreto entra in vigore il giorno successivo alla pubblicazione nella *Gazzetta Ufficiale* della Repubblica italiana.

Il presente decreto sarà trasmesso agli organi di controllo per la registrazione e pubblicato nella *Gazzetta Ufficiale* della Repubblica italiana.

Roma, 1° ottobre 2008

Il Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare
PRESTIGIACOMO

Il Ministro dello sviluppo economico
SCAJOLA

Il Ministro del lavoro, della salute e delle politiche sociali
SACCONI

Registrato alla Corte dei conti il 27 novembre 2008

Ufficio controllo atti Ministeri delle infrastrutture ed assetto del territorio, registro. n. 9, foglio n. 223

ALLEGATO

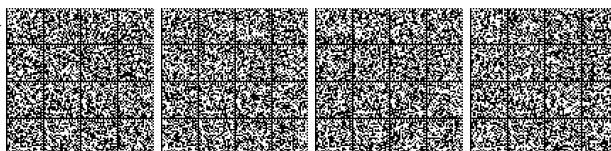
LG MTD *Industria Alimentare* *marzo 2008*

IPPC

(PREVENZIONE E RIDUZIONE INTEGRATE DELL'INQUINAMENTO)

DECRETO LEGISLATIVO 372/99 (art. 3, comma 2)

LINEE GUIDA PER L'IDENTIFICAZIONE DELLE MIGLIORI TECNICHE DISPONIBILI

Categoria IPPC 6.4 - Impianti per:
b) trattamento e trasformazione destinati alla fabbricazione di prodotti alimentari a partire da: materie prime animali (diverse dal latte) con una capacità di produzione di prodotti finiti di oltre 75 tonnellate al giorno; materie prime vegetali con una capacità di produzione di prodotti finiti di oltre 300 tonnellate al giorno (valore medio su base trimestrale);
c) trattamento e trasformazione del latte, con un quantitativo di latte ricevuto di oltre 200 tonnellate al giorno (valore medio su base annua).

A. PREMESSA

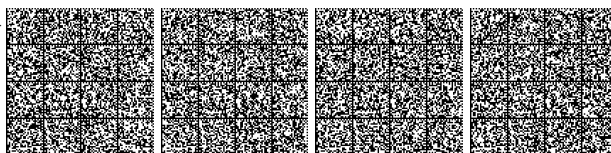
Con decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio, di concerto con il Ministro delle attività produttive e con il Ministro della Salute, in data 15 aprile 2003, è stata istituita la Commissione Nazionale ex art. 3, comma 2, del decreto legislativo 372/99 (recepimento della direttiva 96/61/CE nota come IPPC), per la redazione delle linee guida per l'individuazione delle Migliori Tecniche Disponibili (MTD), ai fini del rilascio, da parte delle autorità competenti nazionale e regionali, dell'autorizzazione integrata ambientale (AIA).
La Commissione suddetta ha istituito, a sua volta, gruppi tecnici ristretti (GTR), composti da rappresentanti dei ministeri interessati e degli interessi industriali, ed ha incaricato i GTR di predisporre una proposta di linee guida in ciascuno dei settori ritenuti al momento prioritari.
Questo documento presenta la proposta del GTR "industria alimentare", istituito il 16 febbraio 2004 con la seguente composizione:

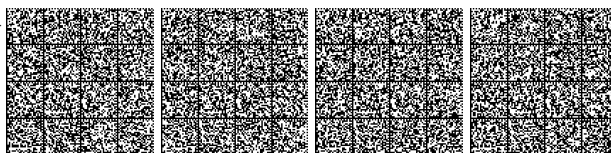
- ing. Alfredo Pini (APAT, coordinatore) e ing. Aldo Ciciolla (ENEA), designati dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio
- dott. Sergio Bellagamba (ISPESL), designato dal Ministero della salute
- dott. Giovanni Duranti, designato dal Ministero delle attività produttive
- dott. Enrico Marchetti (Federalimentare), dott. Carlo Leoni (Stazione Sperimentale Conserve Alimentari), dott. Giampiero Angelini (Federalimentare), prof. Marco Frey (Università Bocconi – IEFE) e dal prof. Pietro Canepa (Università di Genova) designati dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio il 6 agosto 2003.

Ai lavori del GTR "industria alimentare" hanno preso parte anche funzionari a supporto dei membri designati ed esperti nel settore. In particolare, ai lavori del GTR "industria alimentare" hanno contribuito, a vario titolo:

- ing. Massimo Barale (Federalimentare) come esperto
- ing. Luca Fernando Ruini (Federalimentare) come esperto
- dott. Giovanni Pandolfi (Federalimentare) come esperto
- dott. Marco Pistocchi (Federalimentare) come esperto
- ing. Beniamino Sagripanti (Federalimentare) come esperto
- ing. Marilena Serafini (Federalimentare) come esperto
- dott. Massimiliano Boccardelli (Federalimentare) come esperto
- ing. Antonino Letizia (APAT) come esperto, ing. Nazzareno Santilli (APAT) come esperto e sig.ra Anna De Luzi (APAT) per la segreteria del gruppo.

Nelle sue prime riunioni il GTR "industria alimentare" (d'ora in poi semplicemente GTR) ha inteso delineare gli scopi e gli obiettivi del proprio lavoro che si possono così sintetizzare:

- gli elementi che il GTR propone alla Commissione Nazionale MTD hanno la valenza di strumento per l'approfondimento delle conoscenze tecnologiche nel settore sia ad uso dell'industria che dovrà presentare domanda di autorizzazione integrata ambientale sia ad uso del funzionario dell'autorità competente che dovrà istruire il procedimento e rilasciare l'autorizzazione;
- in quanto strumento di approfondimento delle conoscenze questo documento non contiene indicazioni su "limiti di emissione", essendo questi ultimi il risultato di un processo di valutazione che deve tenere in conto aspetti specifici dell'industria che si autorizza e del sito su cui tale industria opera; la proposta di linea guida del GTR contiene piuttosto un'elencazione di tecniche disponibili ritenute le migliori oggi utilizzabili sia dal punto di vista tecnico che economico;

- questo documento non contiene indicazioni sulla documentazione che dovrà essere prodotta dal richiedente al fine della richiesta dell'autorizzazione, ritenendo che tale aspetto debba essere trattato in altra sede;
- questo documento contiene invece gli elementi del monitoraggio e controllo degli aspetti ambientali significativi e dei parametri operativi specifici del settore, lasciando gli elementi generali per la definizione del piano di monitoraggio e controllo dell'azienda alla linea guida generale sui "sistemi di monitoraggio".

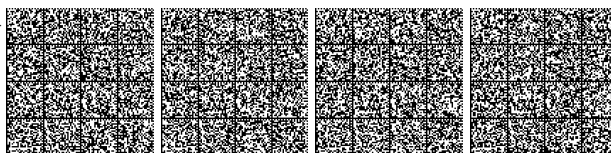
Il GTR ha inoltre discusso e concordato un'impostazione relativa all'analisi costi-benefici delle MTD che saranno valutate. In una visione del rapporto costi-benefici che include i costi ed i benefici sia per le industrie che per la collettività, il GTR ha ritenuto che la fattibilità economica sia per definizione una valutazione che deve essere effettuata caso per caso e da colui che ha la competenza per l'individuazione della specifica tecnica. Il GTR ha individuato molte ragioni a sostegno di questo assunto. Vale la considerazione che una fattibilità economica non può prescindere dalla realtà aziendale che viene trattata (quanto meno per la dimensione dell'azienda), non può prescindere dalla collocazione territoriale degli impianti (per la definizione dei costi ovvero dei benefici sociali e per la valutazione della presenza di infrastrutture sul territorio che consentono determinate scelte aziendali). Poiché il prodotto richiesto al GTR è il complesso degli elementi per la definizione di una "linea guida", si ritiene che esso possa comprendere solo alcune indicazioni propedeutiche all'effettuazione dell'analisi di fattibilità del tipo costi/efficacia.
Nel seguito del testo, infine, si farà ripetutamente cenno al documento comunitario noto come "BRef". Si tratta del documento di riferimento per l'identificazione delle migliori tecniche, edito dall'ufficio IPPC della UE sito in Siviglia.
L'Unione Europea, infatti, si è attrezzata per favorire l'attuazione della direttiva IPPC creando un apposito ufficio, operante presso il Centro comunitario di ricerca di Siviglia. L'ufficio "IPPC" coordina una serie di gruppi tecnici che sono incaricati della redazione di documenti di riferimento per l'individuazione delle migliori tecnologie, i cosiddetti *Best Available Techiniques Reference documents (BRefs)*. L'Italia ha attivamente contribuito ai lavori dei gruppi tecnici, con il coordinamento del Ministero dell'Ambiente.
Alla data di stesura di questo documento è disponibile, sul sito dell'ufficio IPPC di Siviglia all'indirizzo http://eippcb.jrc.es, il documento "Reference Document on Best Available Techniques in the Food, Drink and Milk Industry – BRef August 2006". Non è ancora stata ufficializzata la versione finale del BRef e questo, di fatto, ha reso impossibile un confronto tra le MTD che il GTR nazionale ha individuato e le BAT che saranno scelte dal Working Group di Siviglia. Per coerenza con le altre linee guida nazionali si è comunque mantenuta la articolazione tipica dei capitoli identificati da lettere. L'assenza di un BRef di riferimento ha indotto infatti il GTR nazionale ad utilizzare il capitolo E per una descrizione di dettaglio delle tecniche prescelte, a non utilizzare i capitoli F e G, normalmente dedicati ad approfondimenti ed integrazioni del documento comunitario, e a conservare la lettera H per individuare il capitolo contenente la lista delle MTD nazionali.
Nei riferimenti al BRef, nel seguito di questo documento, si farà uso dell'acronimo inglese BAT che in lingua inglese è utilizzato per indicare le *Best Available Techiniques*; nel resto del testo si utilizzerà altresì l'acronimo italiano MTD ad indicare la migliore tecnica disponibile (al singolare) o le migliori tecniche disponibili (al plurale).

B. IDENTIFICAZIONE DELLA NORMATIVA AMBIENTALE RILEVANTE DI SETTORE

La ricognizione normativa proposta in questo paragrafo intende indirizzare il lettore verso le norme rilevanti della vigente legislazione ambientale, in relazione allo specifico settore della produzione alimentare, con particolare riferimento a quelle norme che prevedono autorizzazioni ambientali.
Tale ricognizione non ha alcuna pretesa di completezza né può essere adottata nei procedimenti autorizzativi come riferimento unico ed esauriente, tanto più che essa non considera una parte di normativa, quella di genesi regionale, che comunque deve essere presa in considerazione e rispettata nell'esercizio delle attività suddette.
Nel periodo intersorso tra la redazione di questo documento e la sua approvazione, per la successiva pubblicazione, alcune novità rilevanti hanno mutato lo scenario della normativa ambientale di riferimento. In particolare vale la pena di citare il decreto legislativo 152 del 2006 e i successivi decreti correttivi, quale l'ultimo decreto legislativo 16 gennaio 2008, n.4 "Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale", che recepiscono ed armonizzano la normativa di settore.
Nei paragrafi seguenti tale normativa di settore, ormai assorbita nei su citati decreti, viene comunque illustrata, dal momento che essa rappresenta il contesto nel quale gli impianti esistenti sono stati autorizzati e rispetto al quale è stata discussa e redatta questa linea guida.

Emissioni in atmosfera

Il riferimento legislativo principale per le emissioni in atmosfera è il DPR 203/88 che rappresenta una norma quadro sulle emissioni in atmosfera e come tale ha necessitato negli anni di numerosi decreti applicativi da parte dei Ministeri competenti, nonché di atti regionali di recepimento ed indirizzo.
Gli adempimenti prevederebbero diverse scadenze a seconda che si tratti di impianti esistenti (come definiti dal combinato disposto dall'art 2, comma 10 del DPR 203/88 e dal punto 9 del DPCM 21/7/89) o di nuova realizzazione. I termini di adeguamento per gli impianti esistenti sono peraltro ampiamente scaduti.
Per gli impianti esistenti sono state stabilite dal Ministero dell'Ambiente (DM 12/7/90), linee guida per il contenimento e i limiti delle emissioni. Tra queste non sono considerate le sostanze odorigene, come insieme di diversi composti tra loro interagenti e determinanti la sensazione olfattiva. Per quanto riguarda gli impianti di nuova realizzazione, non solo per gli odori, ma per nessuna altra emissione sono state a tutt'oggi emanate linee guida.

Reflui liquidi

Nel 1991 il Consiglio dei Ministri dell'Unione Europea ha adottato la direttiva 91/676/CEE**,** nota come "direttiva nitrati", relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole.
La direttiva 91/676/CEE è stata recepita dal governo italiano l'11 maggio 1999 con il D.Lgs. n. 152/1999, conosciuto come "testo unico sulla tutela delle acque".
Il D.Lgs 152/1999 si propone finalità più generali rispetto alla "Direttiva nitrati":
- la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento;
- il risanamento dei corpi idrici inquinati;

- il miglioramento dello stato delle acque ed un'adeguata protezione di quelle destinate a particolari usi;
- uso sostenibile e durevole delle risorse idriche, con priorità per quelle potabili ;
- il mantenimento della capacità naturale di autodepurazione dei corpi idrici nonché della loro capacità di sostenere comunità animali e vegetali ampie e ben diversificate.

Caratteristica importante di tale decreto è un nuovo approccio alla tutela delle acque. Mentre in passato il legislatore definiva soltanto le caratteristiche degli scarichi, ora vengono invece stabilite le caratteristiche qualitative finali di corsi d'acqua, mari, laghi, pozzi, al fine di definire le azioni necessarie utili al ripristino o al mantenimento di tali caratteristiche.

Rifiuti

La politica ambientale si pone come obiettivo prioritario la riduzione sia della quantità che della pericolosità dei rifiuti prodotti, sia del flusso dei rifiuti avviati allo smaltimento. A tal fine prevede e disciplina specifiche azioni per intervenire alla fonte nel processo produttivo e per agevolare ed incentivare nell'ordine il riciclaggio ed il recupero dei rifiuti prodotti (principio della prevenzione).
La prevenzione richiede il controllo ed il miglioramento continuo delle prestazioni e dell'efficienza ambientale, a tal fine le imprese produttrici dovranno provvedere alla:

- introduzione di sistemi di gestione ambientale all'interno dei processi industriali e dei servizi (certificazioni ambientali);
- modificazione delle tecnologie di processo per ridurre l'inquinamento (eco-efficienza dei cicli di produzione e di consumo);
- miglioramento dei sistemi di abbattimento delle emissioni (aria, acqua, suolo);
- perseguimento dell'efficienza energetica e della riduzione della produzione dei rifiuti;
- innovazione ambientale di prodotto, oltre che di processo, attraverso il miglioramento delle prestazioni ambientali del prodotto e delle potenzialità di riutilizzo e recupero anche a fine vita.

Il Decreto Legislativo 22/97, dopo la prevenzione e la riduzione della produzione e della pericolosità dei rifiuti, assegna un ruolo centrale alla Gestione Integrata dei Rifiuti, il rifiuto deve, quindi, essere gestito in modo da conseguire obiettivi di riciclaggio e di recupero e, ridurre il flusso dei rifiuti avviati allo smaltimento. I rifiuti sono classificati in urbani (rifiuti domestici anche ingombranti, rifiuti provenienti dallo spazzamento delle strade, rifiuti di qualunque natura o provenienza giacenti sulle strade ed aree pubbliche, rifiuti vegetali provenienti da aree verdi, quali giardini, parchi e aree cimiteriali) e speciali (i rifiuti da lavorazione industriale, i rifiuti da attività commerciali, i rifiuti derivanti dall'attività di recupero e smaltimento di rifiuti, i fanghi prodotti da trattamenti delle acque e dalla depurazione delle acque reflue e da abbattimento di fumi, i rifiuti derivanti da attività sanitarie, i macchinari e le apparecchiature deteriorati ed obsoleti, i veicoli a motore, rimorchi e simili fuori uso e loro parti, altri rifiuti) ed in queste due tipologie possono essere a loro volta non pericolosi e pericolosi in relazione alla loro natura e provenienza.
Per quanto riguarda i rifiuti speciali, le attività di riciclaggio e recupero sono favorite con apposite semplificazioni delle procedure amministrative di autorizzazione.
Infine, sono stabiliti specifici obiettivi di recupero e riciclaggio dei rifiuti da imballaggio ed è dettata una specifica disciplina per la gestione di tali rifiuti.
Per quanto riguarda il riutilizzo dei fanghi di depurazione come ammendanti in agricoltura si ricorda il decreto legislativo n. 99 del 27 gennaio1992 che ne regolamenta la materia. I fanghi da trattamento biologico, quando presentano i requisiti previsti, possono essere infatti destinati all'utilizzo in agricoltura, tramite spandimento diretto o compostaggio. Anche in

questo caso, queste attività comportano riflessi significativamente positivi sull'ambiente, in ragione della riduzione delle quantità di rifiuti avviati alle discariche.

Nuovo regime autorizzativo

La direttiva 96/61/CE (IPPC) è stata recepita dal governo italiano con il decreto legislativo n. 372 del 4 agosto 1999 e successivi decreti attuativi, limitatamente agli impianti già esistenti.
La direttiva stabilisce i principi che devono regolare il funzionamento delle installazioni industriali nuove e già esistenti, nell'ottica di assicurare un elevato livello di protezione dell'ambiente nel suo complesso. Le tipologie di attività e le soglie produttive al di sopra delle quali si applica la direttiva sono riportate in un apposito allegato.
Vengono considerati aspetti che riguardano l'uso efficiente dell'energia, il trattamento dei rifiuti, la prevenzione degli incidenti. In particolare la direttiva fa riferimento alle "Best Available Techniques" (BAT) da adottare per prevenire l'inquinamento. Le BAT comprendono tecnologie, procedure, standard operativi in relazione alla prevenzione e al controllo dell'inquinamento. I limiti di emissione da rispettare saranno quelli che si ottengono utilizzando le BAT. Le BAT, o Migliori Tecniche Disponibili, saranno quelle tecnologie/tecniche in grado di ridurre in maniera consistente le emissioni in aria, acqua e suolo.
In ogni caso una tecnologia sarà considerata come tale solo quando è economicamente sostenibile, sia nei costi di investimento che di gestione. I settori produttivi interessati, per poter operare, devono ottenere l'Autorizzazione Integrata Ambientale, un'unica autorizzazione che comprende tutte le forme di scarico (aria, acqua, suolo) e in più lo smaltimento dei rifiuti prodotti. Le precedenti normative ambientali prendevano in considerazione separatamente i vari tipi di inquinamento, stabilendo limiti di emissione e procedure per l'autorizzazione allo scarico separate.

C. RICOGNIZIONE DELLA SITUAZIONE DEL SETTORE

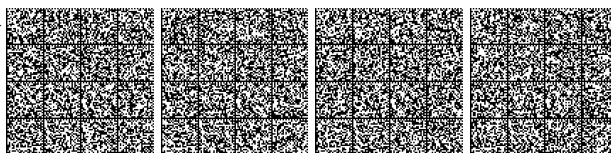
Descrizione, fatturato, crescita, numero di addetti

L'Industria nazionale degli alimenti e delle bevande rappresenta il secondo comparto produttivo del Paese (12% dell'industria manifatturiera nazionale), dopo il settore metalmeccanico, con un fatturato complessivo nel 2003 di 103 mld di euro. Essa si colloca tra il settore agricolo e quello distributivo, quale centro di propulsione del sistema della filiera alimentare, il cui valore totale è stimato sui 250 miliardi di euro/anno.
La produzione industriale alimentare ha registrato, nel periodo 2000-2003, un aumento in quantità del +7,2%, contro il –3,2% registrato in parallelo dall'industria nel suo complesso. I tassi medi di crescita annua dei consumi e della produzione sono soddisfacenti e in controtendenza con quanto accade nel totale industria, come testimoniato dal recente aumento di produzione 2003 (+1,9%), rispetto al parallelo calo del totale industria (-0,8%).
All'andamento produttivo, nel suo complesso soddisfacente, si deve aggiungere il dato positivo dell'occupazione: l'Industria alimentare italiana impiega complessivamente 396.000 addetti, di cui 266.000 dipendenti.

INDUSTRIA ALIMENTARE ITALIANA LE CIFRE DI BASE (valori correnti)		
2002		*2003*
100 miliardi di €	**Fatturato**	103 miliardi di € (+3,0%)
36.900 di cui 6.650 (18,0%) con + di 9 addetti	**Numero imprese**	36.800 di cui 6.650 (18,1%) con + di 9 addetti
398.000 di cui 268.000 dipendenti	**Numero addetti**	396.000 di cui 266.000 dipendenti
+1,6%	**Produzione (quantità)**	+1,9%
13,95 miliardi di €	**Esportazioni**	13,798 miliardi di € = -1,1%
11,76 miliardi di €	**Importazioni**	11,875 miliardi di € = +1,0%
2,18 miliardi di €	**Saldo**	1,92 miliardi di € = - 12,0%
172 miliardi di €	**Totale consumi**	179 miliardi di € = + 3,5%
2° posto (12%) dopo il settore metalmeccanico	**Posizione all'interno dell'industria manifatturiera italiana**	2° posto (12%) dopo il settore metalmeccanico

Fonte: Elaborazioni Federalimentare su dati ISTAT

La filiera alimentare come "sistema"

Il sistema alimentare riunisce un insieme complesso di attività ed un numero elevato di soggetti economici afferenti al settore agricolo, all'industria di trasformazione e alla

distribuzione (che a sua volta comprende il commercio all'ingrosso, al dettaglio e la ristorazione). Completano la filiera tutte quelle attività di servizio, logistica e intermediazione commerciale che contribuiscono all'incremento della catena del valore, configurando una rete di relazioni comprensiva delle azioni economiche che si realizzano sul territorio nazionale e di quelle che avvengono con l'estero. L'analisi della struttura del sistema alimentare implica pertanto un approccio integrato, che guardi a tutti i segmenti della filiera ed individui correttamente il ruolo e le competenze proprie di ciascun segmento. In questa ottica, sono di seguito riportate le cifre di base che caratterizzano il quadro macroeconomico della filiera alimentare nazionale, nelle sue principali componenti.

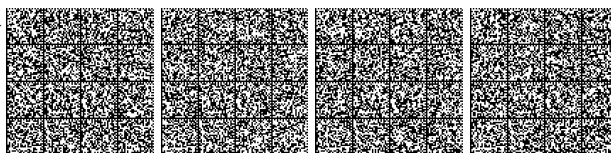
Struttura agricola

Le dimensioni economiche del sistema agricolo italiano raggiungono una posizione di rilievo nell'ambito dello scenario europeo. Nel 2002, con un valore della produzione che supera i 43 miliardi di euro, l'agricoltura italiana si conferma seconda in Europa, dopo il primato francese (64,813 miliardi di euro). Il terzo e quarto posto sono presidiati da Germania e Spagna, rispettivamente con 41,454 e 37,335 miliardi di euro, mentre il Regno Unito si attesta in quinta posizione (24,465 miliardi di euro)*.
Dal punto di vista strutturale, le ottime performance legate alla diffusione di colture intensive ricche (quali, ad esempio, quelle ortofrutticole) compensano gli effetti di dinamiche penalizzanti, essenzialmente riconducibili al cospicuo impiego di manodopera ed alla elevata frammentazione aziendale, che, seppure con cospicue differenze tra nord, centro e sud in termini di superficie agricola utile per azienda (SAU), caratterizza significativamente il settore agricolo italiano. Nella tabella che segue sono riportati i valori delle principali produzioni agricole ai prezzi di base per l'anno 2003.
** Fonte: INEA*

Produzione agricola ai prezzi base per principali settori nel 2003

PRODUZIONI AGRICOLE	VALORE (2003) (milioni di euro)
Cereali e legumi secchi[1]	4.964
Ortaggi[2]	7.153
Colture industriali[3]	989
Florovivaismo	2.557
Vite	3.564
Olivo	2.130
Frutta e agrumi	3.888
Foraggere	1.811
Carni	9.354
Latte	4.415
Uova e altri[4]	997
Servizi annessi[5]	2.642
TOTALE[6]	44.464

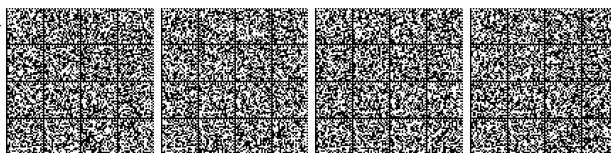
Fonte: INEA

[1] Valore legumi secchi pari a 66 milioni di euro.
[2] Incluse patate (555 milioni di euro) e legumi freschi (310 milioni di euro).
[3] Barbabietola da zucchero (338 milioni di euro), tabacco (370 milioni di Euro), semi oleosi, fibre tessili e altri prodotti
industriali (281 milioni di euro).
[4] Di cui miele (16 milioni di euro) e lana (11 milioni di euro).
[5] Tra questi, contoterzismo attivo e passivo, confezionamento prodotti agricoli, manutenzione parchi e giardini, nuovi impianti produttivi.
[6] Il valore non comprende i comparti della silvicoltura e della pesca

Struttura industriale

L'Industria alimentare italiana conta circa 37.000 imprese, delle quali il 18% con più di 9 addetti, eterogeneamente distribuite sul territorio nazionale. A livello regionale, guida la classifica la Lombardia, con un'incidenza pari al 25% sul fatturato totale e il più alto numero di addetti e di imprese. In seconda e in terza posizione figurano, rispettivamente, Emilia Romagna e Veneto con pesi del 20 e dell'11,2 per cento. Rilevante anche il ruolo del Piemonte, la cui incidenza sul giro d'affari complessivo raggiunge l'8,4%, seguito dal Lazio con il 5,9% e da Campania e Puglia, rispettivamente con il 5 e 4 per cento del totale. Nel complesso, le regioni meridionali rappresentano il 15% del fatturato dell'industria alimentare italiana. Analoga la percentuale delle regioni centrali, contro il 70% del nord.
L'Industria alimentare italiana produce sia prodotti finiti, pronti per il consumatore finale, che semilavorati destinati a successive ulteriori trasformazioni industriali. Nell'ambito dei diversi comparti produttivi, i primi quattro settori dell'industria alimentare italiana (dati aggiornati al 2003) sono rappresentati dal lattiero caseario (13,5 miliardi di euro), dal dolciario (10,05 miliardi di euro), dalla trasformazione della carne (7,165 miliardi di euro) e dal vinicolo (7,165 miliardi di euro).

SETTORI	FATTURATO 2003 (MLN EURO)	VARIAZIONI % PRODUZIONE 2003/2002
Acque minerali	3.000	+9,0
Alimentazione animale	4.300	-2,9
Avicolo	4.600	-5,3
Bevande gassate	1.700	+9,0
Birra	1.680	+8,6
Caffè	2.000	+3,0
Carni bovine	5.300	-0,6
Conserve vegetali	3.500	+4,0
Dolciario	10.050	+2,2
Infanzia e dietetici	1.165	+1,5
Ittici	841	+3,0
Lattiero – Caseario	13.500	+0,4
Molitorio	2.700	-1,8
Olio di oliva e di semi	2.900	-3,0
Pasta	3.170	-1,8
Riso	800	-6,0
Salumi	7.165	+0,4
Succhi di frutta/Elab.	923	+10,0
Surgelati	1.905	+1,5
Vino	7.165	-2,0
Zucchero	860	-36,1
Varie	23.776	+1,7
TOTALE	103.000	+1,3

Fonte: Associazioni di categoria aderenti a Federalimentare e Istat

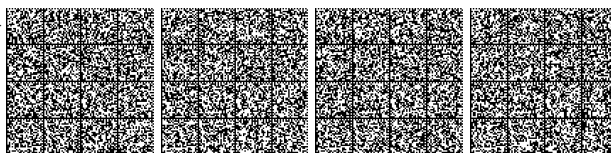
L'Industria alimentare italiana, al pari di quella europea, costituisce un settore altamente articolato, soprattutto se confrontata ad altri settori industriali. Le peculiarità del comparto

alimentare e la sua intrinseca eterogeneità concernono sia le dimensioni che la tipologia delle imprese e sono principalmente collegate all'ampia gamma delle materie prime utilizzate e, conseguentemente, alla significativa varietà di prodotti e dei processi di trasformazione impiegati.

Tale complessità strutturale fisiologicamente propria del comparto alimentare, ed intimamente connessa alla crescente varietà della domanda, che spazia dai prodotti industriali più standardizzati, ai prodotti "speciali", a quelli tradizionali, risulta ancor più accentuata dalla diversità di condizioni economiche, sociali ed ambientali, sulle quali, a livello nazionale, si innestano le singole realtà produttive. L'Industria alimentare italiana è altamente parcellizzata essendo caratterizzata da un elevato numero di PMI, che rappresentano il 98% del totale delle imprese nazionali di settore, con l'eccezione di alcuni comparti, quale quello zuccheriero, contrassegnati dalla concentrazione della intera produzione in pochi grandi soggetti industriali.

Dal punto di vista della distribuzione sul territorio, si conferma la collocazione dei siti produttivi sia nelle aree più densamente industrializzate (nelle regioni del nord Italia si concentra la maggioranza delle imprese alimentari) che nei distretti agricoli a specifica vocazione colturale. Tradizionalmente, le produzioni industriali risultano strettamente collegate ai luoghi di origine delle materie prime che impiegano (in tal senso va rimarcato che l'Industria alimentare trasforma il 70% della produzione agricola nazionale). Di conseguenza, anche le tecniche produttive risultano sensibilmente influenzate dalle caratteristiche dell'area di ubicazione dell'impresa, sia in termini di struttura morfologica del territorio (compresa la presenza delle infrastrutture), che di fattori climatici e di disponibilità idriche. Nonostante tale correlazione, con i relativi vincoli, risulti in costante diminuzione e debba essere esclusa nei settori alimentari che utilizzano materie prime non disponibili a livello nazionale (p.e. caffè, cacao, tè), essa continua a caratterizzare alcuni settori, prevalentemente afferenti alla trasformazione primaria, tipicamente collocati in specifici ambiti territoriali (conserve ittiche, olio d'oliva, conserve vegetali, vini).

In proposito, va inoltre sottolineato che, indipendentemente dalla provenienza della materia prima, alcune attività produttive devono necessariamente essere situate in aree che garantiscano l'ampia disponibilità di fattori impiegati nel processo. E' questo il caso degli zuccherifici.

Struttura della distribuzione

La distribuzione, che costituisce l'ultimo anello della catena alimentare, può contare a livello nazionale su una rete capillare di esercizi di vendita a sede fissa, che, specializzati interamente o in parte in generi alimentari, raggiungono le 193.000 unità, pari al 26,6% del totale degli esercizi commerciali. Mentre il 59,9% di tali esercizi è rappresentato da distribuzione al dettaglio (in costante calo numerico), il restante 40,1% (circa 77.300 imprese) rappresenta la distribuzione moderna o a libero esercizio, caratterizzata da superfici più elevate (vi rientrano supermercati, ipermercati, discount, superette, minimarket, perlopiù associati in catene) e da volumi di vendita assai più significativi. Viene di seguito riportata una tabella recante i dati inerenti la localizzazione geografica dei punti vendita della distribuzione moderna sul territorio nazionale suddiviso per macroregioni. Ne emerge una crescente diffusione di questa tipologia di esercizi, che tuttavia risulta caratterizzata da rilevanti differenze dimensionali in termini di superficie media di supermercati ed ipermercati per abitante tra il sud e il nord del

Paese (190mq /1000 abitanti nel nord Italia contro i 77 mq/1000 abitanti nel sud - Fonte: Ministero Attività Produttive).

Numeri della grande distribuzione in Italia per aree geografiche – 2002

	NORD-OVEST	**NORD-EST**	**CENTRO**	**SUD-ISOLE**	**VARIAZIONE % ITALIA 2002/2001**
Supermercati	1.578	1.592	1.340	2.513	+2,3
Ipermercati	223	101	85	96	+6,5
Superette	1.275	1.127	1.116	2.027	+4,2
Discount	774	613	603	694	+4,7

Fonte: elaborazioni su dati Nielsen

La sicurezza degli alimenti

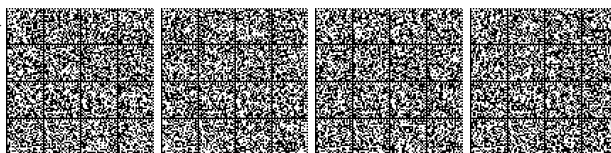
L'Industria alimentare identifica nella sicurezza, intesa come pre-requisito naturale ed obbligatorio, e nella qualità intrinseca dei prodotti, i pilastri della propria capacità competitiva. La sicurezza igienico-sanitaria degli alimenti si realizza attraverso il rispetto e la puntuale messa in opera di tutte le regole e le procedure necessarie a garantire al consumatore un prodotto sicuro. Peraltro, anche in materia di sicurezza, è necessario adottare un approccio integrato di responsabilizzazione di tutti i segmenti della filiera produttiva, dalla componente agricola alla trasformazione, alla grande e piccola distribuzione.

La normativa sulla sicurezza alimentare

La produzione ed il commercio delle sostanze alimentari sono regolate da un complesso di norme, sia nazionali che di derivazione comunitaria, destinate ad assicurare l'uniformità e la correttezza degli scambi commerciali e a tutelare il consumatore sulla sicurezza e la salubrità degli alimenti.

Il Regolamento (CE) 178/2002

In attuazione del programma di revisione generale della legislazione alimentare, il quadro complessivo della normativa di settore è stato recentemente innovato con l'introduzione del regolamento (CE) n. 178 del 2002, ovvero della norma quadro comunitaria che stabilisce i principi ed i requisiti generali della legislazione alimentare europea, fissando procedure uniformi nel campo della sicurezza alimentare ed istituendo, in sostituzione dei 6 Comitati già operanti presso la Commissione, l'Autorità europea per la sicurezza alimentare (AESA), quale punto di riferimento scientifico indipendente di coordinamento della rete delle "autorità" di controllo nazionali, che ciascuno Stato membro è chiamato ad individuare.

Il regolamento (CE) 178/2002 mira a costituire una cornice regolamentare comune per le normativa relativa ai prodotti alimentari ed ai mangimi per animali, individuando nella protezione della vita, della salute e degli interessi dei cittadini/consumatori, della salute e del benessere degli animali, della salute delle piante e dell'ambiente, nonché nella realizzazione della libera circolazione dei prodotti alimentari e dei mangimi nel mercato interno, gli obiettivi prioritari della legislazione alimentare comunitaria.

A tal fine, la norma prevede l'istituzione di un sistema di allarme rapido per la notifica dei rischi diretti o indiretti per la salute umana derivanti dai prodotti alimentari o dai mangimi, del quale fanno parte gli Stati membri, l'AESA, la Commissione, i paesi candidati, i paesi terzi e le organizzazioni internazionali competenti ed in virtù del quale ciascun membro della rete comunica alla Commissione ogni grave rischio del quale venga a conoscenza, ai fini della immediata diffusione dell'informazione agli altri componenti del sistema.

In tale contesto, il regolamento 178 introduce il principio fondamentale che tutti gli operatori della catena alimentare, siano essi produttori, trasformatori, grossisti o commercianti, siano in grado di:

- analizzare i potenziali rischi derivanti dalla produzione o dall'immissione in commercio dei propri prodotti (principio di precauzione);
- valutare, gestire e comunicare il rischio (analisi del rischio);
- garantire la possibilità di ricostruire e seguire il percorso di un alimento o di una sostanza destinata a far parte di un alimento in tutte le fasi della catena alimentare (principio di rintracciabilità).

Di particolare rilievo, la formalizzazione del principio di rintracciabilità, che implica l'adozione di sistemi e misure operative idonee a ricostruire la storia di un prodotto attraverso l'identificazione e la documentazione di tutte le attività, i materiali e gli operatori che concorrono alla produzione dell'alimento o del mangime, individuando, per ogni anello della catena, le fasi ed i soggetti ai quali ricondurre le eventuali non-conformità e le relative specifiche responsabilità ed agevolando le misure di *recall*.

Il Decreto Legislativo n. 155/1997

A livello nazionale, il decreto legislativo 155 del 1997, emanato in attuazione delle Direttive CEE 93/43 e 96/3, costituisce la norma di riferimento recante l'insieme delle misure necessarie per garantire la sicurezza e la salubrità dei prodotti alimentari. Il campo di applicazione della norma abbraccia tutte le attività che afferiscono agli alimenti nelle varie fasi di preparazione, trasformazione, fabbricazione, confezionamento, deposito, trasporto, distribuzione, manipolazione, vendita e fornitura, compresa la somministrazione al consumatore. Ai sensi del decreto, qualunque soggetto che svolga anche una sola delle menzionate attività viene considerato "industria alimentare", e deve pertanto adempiere agli obblighi dallo stesso introdotti.

Le norme previste dal decreto si applicano in tutte le fasi della produzione, preparazione, trasformazione e distribuzione delle sostanze alimentari successive alla "produzione primaria". Il decreto, nel definire gli obblighi che ricadono sui soggetti responsabili delle industrie alimentari, introduce l'applicazione del sistema HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point), acronimo che identifica il metodo di Analisi dei rischi e dei punti critici di controllo.

Il sistema HACCP dispone che il responsabile di ogni "industria alimentare" debba provvedere alla stesura di un manuale recante uno specifico piano di autocontrollo recante procedure articolate in cinque fasi di verifica: analisi dei potenziali rischi degli alimenti, individuazione dei punti critici nell'impianto o nel processo di produzione, adozione di misure preventive, applicazione di procedure di controllo e di sorveglianza dei punti critici, riesame dell'analisi dei rischi. In questo modo, tutti gli operatori del settore alimentare sono in grado di monitorare nelle diverse fasi della loro attività la salubrità e l'igiene degli alimenti.

Il piano HACCP e tutta la documentazione ad esso correlata costituiscono quindi uno strumento quotidiano di lavoro che deve essere conservato all'interno dell'azienda, oltre che messo a disposizione delle Autorità di Controllo. Queste, rilevata una eventuale inadempienza, prescrivono le misure necessarie ad eliminarla, fornendo un congruo termine. Il mancato o scorretto adempimento della norma, determina l'applicazione della relativa sanzione.

Infine, il decreto 155/97 introduce per il titolare dell'"industria alimentare" l'ulteriore fondamentale obbligo di assicurare la formazione di tutti gli addetti in materia di igiene degli alimenti in relazione al tipo di attività esercitato, fornendo loro le conoscenze igieniche necessarie a valutare l'idoneità dei processi di lavorazione impiegati.

Il Regolamento (CE) 1774/2002

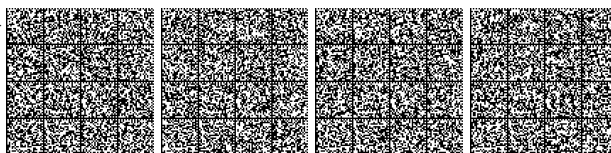
Il Regolamento (CE) 1774/2002, che abroga la direttiva 90/667/CEE, stabilisce un nuovo ed uniforme quadro giuridico per i sottoprodotti e scarti di origine animale non destinati al consumo umano, rispondendo alla duplice finalità di garantire una maggiore tutela della salute umana ed animale e di semplificare la copiosa normativa emanata per far fronte alla crisi BSE.

La norma, nello stabilire disposizioni di polizia sanitaria applicabili alla raccolta, al trasporto, al deposito, alla manipolazione, alla trasformazione e all'eliminazione dei sottoprodotti di origine animale, proibisce l'introduzione, nella catena alimentare, di carcasse di animali e di sottoprodotti di origine animale declassati ed impone, ai fini della produzione di mangimi, l'utilizzo esclusivo di materie prime d'origine animale provenienti da animali dichiarati idonei al consumo umano a seguito d'ispezione sanitaria.

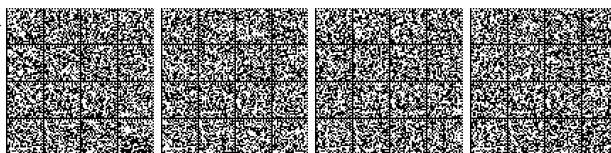
Il regolamento suddivide i sottoprodotti in tre categorie, ad ognuna delle quali sono connesse le loro possibili destinazioni. Oltre alla distruzione degli scarti, sono infatti previsti metodi alternativi di smaltimento ed impiego degli stessi, quali attività di recupero (p.e. co-incenerimento in centrali energetiche, fornaci per cemento e compostaggio), o utilizzo sicuro in mangimistica (p.e. rendering per produrre farine proteiche), oppure impiego nella produzione di fertilizzanti, cosmetici o prodotti farmaceutici. La norma introduce inoltre disposizioni più rigorose in materia di controllo e di tracciabilità dei sottoprodotti di origine animale e dei prodotti derivati, fissandone le condizioni di importazione dai paesi terzi.

Peraltro, il regolamento occupa una posizione particolare nell'ambito della legislazione sulla sicurezza alimentare, in quanto, nel porre i requisiti di carattere igienico-sanitario relativi alla raccolta ed al trasporto dei sottoprodotti, verso gli impianti di transito, di magazzinaggio e di trasformazione, per le differenti categorie di materiali, persegue anche la finalità di comporre le aree che si interfacciano con la normativa ambientale di settore. In tal senso, la norma ha contribuito a definire i rispettivi ambiti di applicabilità della disciplina ambientale e igienico-sanitaria dei sottoprodotti, sia sul piano autorizzatorio che dei controlli, evitando inutili sovrapposizioni e rinviando alla disciplina dei rifiuti (Decreto Legislativo 22/97, c.d. decreto Ronchi) solo al momento della eliminazione finale dei sottoprodotti e prodotti trasformati, presso gli impianti autorizzati dalla normativa ambientale.

La sicurezza alimentare in cifre

L'Industria alimentare italiana impegna significative risorse per garantire la sicurezza dei propri prodotti, applicando ed implementando continuamente codici di buona prassi di

lavorazione e sistemi aziendali di autocontrollo. In base ad un'indagine effettuata da Federalimentare assieme alle 18 Associazioni di categoria aderenti e da DOXA[7], ogni anno in Italia si effettuano 720.000 controlli ispettivi pubblici negli stabilimenti industriali del settore alimentare, vale a dire 60 controlli pubblici in media all'anno in ognuno dei 12mila stabilimenti industriali delle 7mila aziende (con oltre 9 addetti) del settore alimentare.

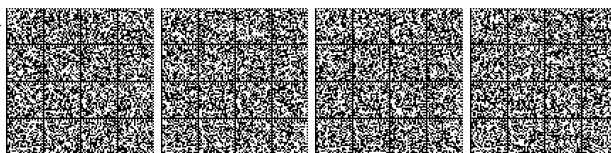
Tale sistema di controlli coinvolge oltre 12 enti di controllo, con una netta prevalenza del Servizio Veterinario e Zooprofilattico e delle ASL, cui si affiancano l'Ispettorato Centrale Repressione Frodi, i servizi speciali dell'Arma dei Carabinieri (NAS e NOE) e, per gli aspetti connessi alla protezione dell'ambiente, alla tutela delle risorse idriche e alla difesa del suolo, l'APAT ed il connesso sistema delle ARPA regionali.
Dallo studio citato si evince come al sistema dei controlli pubblici, si affianchino le procedure di controllo privato, basate sul sistema HACCP, relativo ai controlli realizzati direttamente dalle aziende alimentari e che si traduce in quasi un miliardo di analisi di controllo di qualità e sicurezza l'anno, con il coinvolgimento di una significativa parte delle risorse umane ed economiche dell'industria alimentare.

[7] Lo studio è stato promosso nell'ambito delle iniziative previste dalla Dichiarazione congiunta sottoscritta lo scorso novembre da Federalimentare (che rappresenta le 18 Associazioni di categoria dell'industria alimentare aderenti a Confindustria) e Altroconsumo, Associazione Consumatori e Utenti (ACU), Federconsumatori, Unione Nazionale Consumatori (UNC) ed è stato realizzato nel mese di luglio con un questionario sui controlli pubblici effettuati nel corso del 2002 e compilato on-line direttamente dalle aziende coinvolte nel mese di luglio 2003.

D. DESCRIZIONE DEL PROCESSO DI PRODUZIONE, DEGLI EVENTUALI SOTTOPROCESSI E DEGLI IMPIANTI PER I QUALI SONO ANALIZZATE LE MIGLIORI TECNICHE DISPONIBILI

Premessa

Nel Bref comunitario è stata data una particolare importanza alle operazioni unitarie, cercando in tal modo una correlazione trasversale alle numerose e spesso del tutto differenti tecniche di produzione del settore alimentare. In questo documento, invece, si cercherà di individuare soprattutto i parametri caratterizzanti relativi ai consumi e alle emissioni per ogni specifica lavorazione, limitando l'interesse alle lavorazioni che hanno un qualche razionale collegamento alle soglie previste dalla Direttiva 61/96 come recepita dal D. Lgs. 372/99.

Operazioni unitarie

No.	Operazioni unitarie / tecniche
A. Ricevimento e preparazione materie prime	
A.1	Movimentazione, disimballo e magazzinaggio materie prime
A.2	Selezione, vagliatura, cernita, sgusciatura
A.3	Pelatura
A.4	Lavaggio
A.5	Scongelamento con acqua, raffreddamento in acqua, reidratazione, risciacquo.
B. Sezionamento, miscelazione e formatura	
B.1	Taglio, sezionamento, triturazione, polpatura, passatura, raffinazione, rifilatura, toelettatura
B.2	Miscelazione, mescolamento, impasto, concaggio, omogeneizzazione, aggiunta ingredienti
B.3	Macinazione.
B.4	Formatura, estrusione, insacco
C. Tecniche di separazione	
C.1	Estrazione
C.2	Deionizzazione
C.3	Chiarificazione
C.4	Centrifugazione, sedimentazione
C.5	Filtrazione
C.6	Separazione con membrane
C.7	Cristallizzazione
C.8	Neutralizzazione (rimozione di acidi grassi liberi)
C.9	Decolorazione
C.10	Deodorizzazione mediante distillazione in corrente di vapore.
C.11	Sbiancatura
C.12	Distillazione

C.13	Classificazione/setacciatura
C.14	Degommaggio
C.15	Decerazione, winterizzazione
D. Tecnologie di processo	
D.1	Rinvenimento in acqua
D.2	Dissoluzione
D.3	Solubilizzazione (alcalinizzazione)
D.4	Fermentazione
D.5	Coagulazione
D.6	Germinazione
D.7	Aggiunta di additivi, salatura, salamoiatura
D.8	Affumicamento
D. 9	Idrogenazione
D.10	Solfitazione
D.11	Carbonatazione
D.12	Aggiunta di gas (anidride carbonica)
D.13	Copertura, rivestimento, agglomerazione, incapsulamento, sugnatura, infarinatura, soffiatura
D.14	Invecchiamento (tipicamente utilizzata per alcolici), stagionatura (*)
E. Trattamenti termici	
E.1	Fusione, riscaldamento
E.2	Scottatura
E.3	Cottura, bollitura
E.4	Cottura al forno
E.5	Arrostimento
E.6	Friggitura
E.7	Temperizzazione, rinvenimento
E.8	Trattamento termico di stabilizzazione (pastorizzazione, sterilizzazione)
F. Concentrazione per via termica	
F.1	Evaporazione, concentrazione sotto vuoto, disaerazione
F.2	Essiccazione
F.3	Disidratazione, inclusa asciugatura e stagionatura salumi (*)
G. Processi di raffreddamento	
G.1	Raffreddamento, refrigerazione, maturazione a freddo
G.2	Congelamento, surgelazione
G.3	Disidratazione per congelamento, liofilizzazione
H. Operazioni finali	
H.1	Confezionamento, riempimento
H.2	Confezionamento in atmosfera protettiva
U. Unità ausiliarie(**)	
U.1	Pulizia, sanificazione, disinfezione

U.2	Produzione di energia termica e/o elettrica
U.3	Trattamento acque primarie
U.4	Generazione di vuoto
U.5	Generazione di freddo
U.6	Produzione di aria compressa
U.7	Produzione di calce e CO_2

(*) La stagionatura inserita in D14 è intesa come operazione che non comporta utilizzo di energia per fornire o sottrarre calore. Operazioni di stagionatura tipiche della produzione di formaggio (che avviene in celle refrigerate) ovvero stagionatura di salumi (che avviene con circolazione di aria a temperatura controllata) possono essere intese anche in G1 ed F3, rispettivamente.
(**) La descrizione delle unità ausiliare deve essere intesa anche in funzione degli schemi a blocchi che descrivono i principali impatti ambientali dei processi produttivi. Il riferimento a tali unità deve essere inteso, dunque, in senso ampio. Ad esempio, negli schemi a blocchi successivamente presentati in questo documento, potrà capitare di trovare un riferimento all'unità generazione del freddo (U.5) per rappresentare una fase di processo che richiede il mantenimento della temperatura al di sotto di quella ambiente (immagazzinamento a freddo). Il significato è che quella specifica fase di processo è rilevante, dal punto di vista ambientale, solo poiché richiede una specifica unità ausiliaria che è la U.5 che consuma risorse per generare il freddo.

Impatto delle diverse tecniche di processo

I risultati della valutazione condotta sulla significatività dell'impatto delle singole attività in cui è stato suddiviso il processo produttivo tipico di ciascun settore produttivo sui diversi comparti ambientali presi in considerazione, viene riportato nel seguito del capitolo.
A ciascuno degli impatti considerati è stato attribuito un livello di significatività variabile da 0 a 5, laddove a ciascun livello corrisponde il seguente significato:

- 0 = nessun impatto
- 1 = impatto non significativo
- 2 = impatto debole
- 3 = impatto medio
- 4 = impatto significativo
- 5 = impatto forte

I criteri utilizzati per l'attribuzione del livello di significatività sono così riassumibili.

- Impatto ambientale: la natura e l'entità dell'impatto sull'ambiente di alcune attività sono tali da rendere necessarie misure volte a evitare o, qualora non sia possibile, ridurre le emissioni delle suddette attività nell'aria, nell'acqua e nel suolo.
- Impatto economico: la gestione dell'impatto sull'ambiente in oggetto comporta costi elevati per l'impresa (in termini di investimenti e/o in termini di costi operativi).
- Impatto sociale: esiste una particolare sensibilità da parte degli interlocutori dell'impresa (enti di controllo, opinione pubblica, comunità locali, ecc.) nei confronti dell'impatto ambientale in oggetto.

La valutazione ha inoltre tenuto in considerazione come elemento rilevante l'esistenza di normative (comunitarie, nazionali, regionali, locali) volte a regolare i comparti ambientali analizzati.

Ogni fase del processo produttivo impatta con i comparti ambientali nella misura espressa dal numero indicato in ogni casella.

Descrizione delle unità comuni alle varie produzioni

Il presente paragrafo descrive i principali servizi alla produzione, così come sono normalmente organizzati in uno stabilimento.

Confezionamento

Il confezionamento dei prodotti può essere effettuato secondo modalità diverse in funzione della tipologia di prodotto. In questo paragrafo vengono illustrate le modalità generali dell'operazione, rimandando alle singole produzione per gli elementi caratteristici.

Confezionamento in imballaggio primario

Il confezionamento avviene mediante macchine in condizioni igieniche in contenitori preformati o formati immediatamente prima del confezionamento stesso. I materiali utilizzati possono essere di tipo rigido (banda stagnata, banda cromata, vetro), semirigido (alluminio, cartone e alcuni materiali plastici) o flessibile (carta, cellophane e materiale plastico in genere).
Durante la fase di confezionamento può essere effettuato il prelievo di campioni destinati ai controlli chimico-fisici e di stabilità microbiologica, oltre che per la verifica del rispetto delle norme metrologiche.
Per alcune tipologie di produzione, le confezioni possono essere sottoposte a trattamenti successivi (ad es. di tipo termico) atti ad assicurare la corretta conservazione del prodotto.

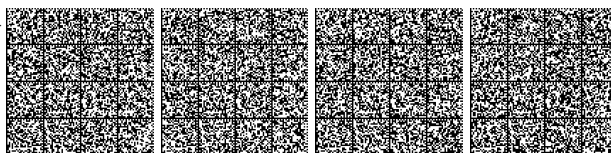
Imballaggio secondario

Le confezioni ottenute dalla fase precedente, convogliate generalmente mediante nastri trasportatori, vengono immesse in contenitori di cartone e/o termoretraibile e avviate alla pallettizzazione.

Imballaggio terziario (pallettizzazione)

L'assemblaggio su pallet (normalmente in legno) per strati sovrapposti delle confezioni primarie o secondarie avviene quasi sempre mediante sistemi automatizzati. Talvolta, ove necessario, il sistema provvede anche al successivo avvolgimento con film estensibile con lo scopo di ottenere protezione dagli agenti esterni (es. umidità) e di contribuire al mantenimento della stabilità dell'assemblaggio. I pallets vengono movimentati mediante rulliere, robot, carrelli a forche manuali o automatici.

Servizi tecnici

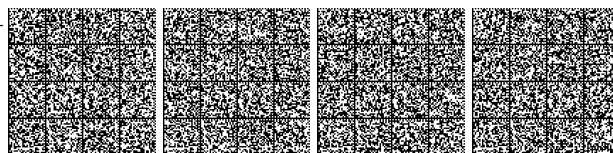
- **Centrale termica:** per la produzione di vapore vengono utilizzati appositi generatori alimentati a metano o altro combustibile, con una potenzialità variabile a secondo delle produzioni e contemporaneità.
- **Centrale frigorifera:** la produzione del freddo è garantita da impianti frigoriferi che utilizzano apposito fluido refrigerante. Potenzialità variabile.

- **Cabine elettriche:** per la trasformazione e distribuzione dell'energia elettrica.
- **Aria compressa:** rete di distribuzione alimentata da compressori.
- **Trattamento e distribuzione acqua:** varie tipologie di trattamento per la produzione di acqua utilizzata per: processo di lavorazione, trasporto, sanificazione ed altri usi (antincendio, raffreddamento).

Impianto di depurazione delle acque reflue

Gli effluenti idrici dell'industria alimentare sono fortemente diversificati sia qualitativamente sia quantitativamente, come fortemente diversificata è l'industria alimentare stessa.
Il solo elemento comune è la presenza di materiale organico sospeso o disciolto nell'effluente e, di conseguenza, un carico inquinante caratterizzato soprattutto dai parametri BOD, COD e solidi sospesi. Altri parametri (oli e grassi, azoto ammoniacale, nitroso e nitrico, tensioattivi, fosforo, pH, temperatura, ioni minerali) sono specifici delle singole tipologie produttive e possono assumere in alcuni casi importanza notevole.
La possibilità di smaltimento, nel caso di impianti oltre le soglie IPPC, si riduce, nella maggior parte dei casi, allo scarico in acque superficiali, previa depurazione in grado di fornire un effluente che rispetti i limiti di emissione previsti dalla tab. 3 dell'allegato 5 del D.Lgs. 152/1999. Solo in alcuni casi particolari è possibile lo scarico in fognature urbane o in impianti consortili. In quest'ultimo caso con il rispetto delle condizioni concordate con gli enti gestori.
I trattamenti analizzati in questo capitolo sono quelli che vengono applicati in vista dello scarico dei reflui trattati in corpi idrici superficiali od in pubblica fognatura. Scopo primario dei trattamenti è il rispetto dei requisiti ambientali di qualità prefissati per il recapito finale degli effluenti trattati.
I seguenti obiettivi aggiuntivi possono essere potenzialmente conseguiti in funzione della tipologia di impianto adottato:

- ottimizzazione delle condizioni operative del trattamento per la riduzione dei consumi energetici;
- ottimizzazione del trattamento per la riduzione del consumo di prodotti chimici;
- riduzione delle emissioni di odori che si sprigionano durante il trattamento.

La valutazione di queste tecniche ai fini dell'AIA si basa soprattutto sul beneficio ambientale, esprimibile come riduzione di carico inquinante immesso nell'ambiente, sulla sostenibilità dei costi, sulla facilità di applicazione, sul contenimento di effetti negativi come l'emissione di gas serra o acidificanti.
I parametri di principale interesse, in considerazione della tipologia dello scarico, sono normalmente i seguenti:

- pH
- materiali sospesi
- BOD_5
- COD
- azoto totale
- azoto ammoniacale
- azoto nitroso
- azoto nitrico
- fosforo totale
- grassi ed oli animali e vegetali
- idrocarburi totali.

Nei paragrafi seguenti vengo forniti alcuni elementi descrittivi relativi alle principali tipologie di trattamenti di solito adottati nella depurazione delle acque reflue provenienti dall'industria alimentare.

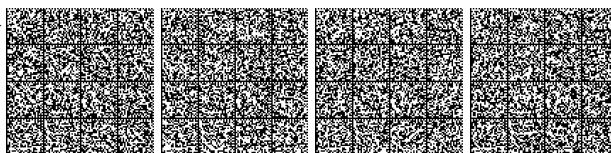
Separazione solido-liquido

L'opportunità dell'inserimento di una prima fase di separazione solido-liquido è legata a diversi fattori, tra i quali particolare importanza riveste la caratterizzazione del refluo proveniente dallo stabilimento in termini di frazione liquida e di distribuzione del carico inquinante tra le diverse fasi (sospeso, colloidale, disciolto).
Tanto maggiore sarà la frazione del carico inquinante legata alla fase sospesa, tanto maggiore sarà il beneficio ottenibile nella separazione solido-liquido in termini di carico inquinante in ingresso alle successive fasi di trattamento.
La separazione viene generalmente effettuata per via meccanica per mezzo di grigliatura. In alternativa è possibile utilizzare altre tipologie di apparecchiature (ad es. vagli o centrifughe) che differiscono tra loro sia per i costi di investimento che per le efficienze operative conseguibili.

Equalizzazione (ed eventuale pre-aerazione)

Negli impianti di trattamento dei reflui nei quali sia prevista una sensibile variabilità della portata e/o della concentrazione degli inquinanti, l'utilizzo di una sezione di equalizzazione fornisce la possibilità di smorzare tali fluttuazioni consentendo un migliore dimensionamento e funzionamento delle successive sezioni.
La realizzazione di una sezione aggiuntiva può quindi essere giustificata sia dal punto di vista ambientale (in quanto un funzionamento pressoché stabile dei trattamenti successivi riduce l'occorrenza di fuori servizio e le conseguenti fluttuazioni nelle caratteristiche del refluo trattato) che dal punto di vista economico (grazie ad una riduzione dei costi di investimento, per la riduzione della dimensione delle apparecchiature successive, ed operativi, per la riduzione dei consumi energetici e di prodotti chimici).
La presenza eventuale di una fase di pre-aerazione, da realizzare nella sezione di equalizzazione, può essere vantaggiosa, traducendosi in una parziale ossidazione del refluo con riduzione del carico organico inviato alla successiva sezione di trattamento biologico. Tale operazione, se realizzata in condizioni controllate e con limitati valori di potenza dispersa specifica, comporta una produzione di fanghi ridotta, con emissioni in atmosfera limitate.

Sedimentazione primaria

I vantaggi conseguibili nel trattamento di sedimentazione primaria sono analoghi a quelli visti nel trattamento di separazione solido liquido. In particolare è possibile ridurre il dimensionamento del successivo trattamento biologico, per la riduzione del carico inquinante in arrivo.
Le tipologie di trattamenti si dividono essenzialmente in due grandi famiglie: 1) sedimentazione semplice; 2) sedimentazione assistita chimicamente. Nel secondo caso si incrementa il rendimento di separazione per mezzo di opportuni coadiuvanti chimici, che possono portare la resa di separazione sino ad oltre il 70% in termini di SST. Il vantaggio della sedimentazione assistita è di potere, con una scelta mirata dei prodotti chimici e delle condizioni operative, realizzare un contemporaneo abbattimento del fosforo, in alternativa ad

un trattamento terziario dedicato. Lo svantaggio è costituito da un lato dal consumo di prodotti chimici e dall'altro dall'incremento del volume dei fanghi che, inoltre, per la loro composizione non possono essere immediatamente riutilizzati agronomicamente.

Trattamento biologico (aerobico, eventuale anaerobico, sedimentazione secondaria)

Il trattamento di ossidazione biologica, dedicato alla rimozione del carico organico biodegradabile, può essere realizzato secondo diverse soluzioni tecnologiche. La soluzione più diffusa è quella a fanghi attivi, del tipo tradizionale, che vede la presenza di una fase di ossidazione del liquame realizzata per mezzo di immissione di aria. Può anche essere presente una sezione anaerobica, dedicata alla rimozione di una parte del carico organico. Tale sezione anaerobica può anche essere realizzata in zone diverse della stessa vasca o, in alcune tecnologie, come sequenze successive di trattamento di un ciclo discontinuo.
L'applicazione del trattamento biologico comporta consumi energetici legati alla fase di aerazione del liquame e possibilità di emissioni in atmosfera. Analogamente alla pre-aerazione, possono essere adottati accorgimenti volti alla minimizzazione delle emissioni in atmosfera di azoto in forma ammoniacale e/o di gas serra.
La formazione e l'accrescimento delle flore batteriche presenti nel trattamento biologico comporta la necessità di gestire una certa quantità di fango di supero. Per questo è indispensabile la presenza di un sedimentatore secondario, dove i fanghi separati possono essere in parte ricircolati al biologico ed in parte estratti per il loro successivo trattamento.
Un sistema alternativo all'impianto a fanghi attivi è il sistema del lagunaggio, adottato in particolare dagli zuccherifici dato il carattere stagionale della lavorazione. L'utilizzo di bacini di grande capacità, dotati di opportuni dispositivi di aerazione al fine di consentire la depurazione aerobica del refluo, consente il contenimento dei consumi energetici e la riduzione sostanziale della produzione di fanghi rispetto al trattamento a fanghi attivi. D'altro canto, tale tecnologia richiede l'impegno di grosse aree di territorio e la necessità di una attenta gestione al fine di ridurre i rischi di proliferazione di insetti e di generazione di odori.

Trattamenti terziari

I trattamenti terziari vengono adottati quando sia necessaria una rimozione mirata di un particolare inquinante o la necessità di una depurazione spinta per un eventuale riutilizzo.

Disinfezione finale

Qualora necessario, è possibile prevedere una operazione finale di disinfezione dell'effluente. Tale disinfezione può essere realizzata secondo diverse modalità, da quelle più tradizionali, con il dosaggio di ipoclorito di sodio in apposite vasche di contatto, o con metodi alternativi, quali l'ozonizzazione.

Trattamento dei fanghi

I fanghi di supero del trattamento biologico vengono estratti dalla linea di riciclo e sottoposti ad ispessimento, al fine di aumentare la concentrazione di solidi del fango stesso, in ispessitori, generalmente del tipo a gravità.
In funzione della destinazione finale del fango, utilizzo quale ammendante in agricoltura o smaltimento, potranno essere presenti dei trattamenti di stabilizzazione realizzabili per via aerobica, anaerobica o chimica.

Nel caso della destinazione finale allo smaltimento si cerca di ottenere una concentrazione spinta del fango, al fine di ridurre i volumi prodotti.

I trattamenti descritti possono essere combinati in vario modo a costituire degli impianti di depurazione che andranno progettati, come detto, in funzione delle caratteristiche dell'effluente e del refluo trattato.
La quantità di fanghi prodotti può in ogni caso variare in funzione delle tecnologie depurative utilizzate, della loro efficienza e delle caratteristiche dei reflui da trattare.
Vengono ora forniti alcuni elementi di valutazione in funzione della destinazione del refluo trattato.

Scarico in acque superficiali

Come accennato, la comune presenza di sostanza organica e di materiale in sospensione rende assolutamente indispensabile la presenza dei seguenti trattamenti depurativi:
1. asportazione dei materiali grossolani presenti nelle acque di scarico tramite sistemi di grigliatura;
2. una stazione di filtrazione fine;
3. un impianto di depurazione biologico (generalmente di tipo aerobico, od eventualmente di tipo anaerobico, in funzione delle caratteristiche qualitative, quantitative e di stagionalità dei reflui);
4. sistemi di trattamento (quali ispessimento, stabilizzazione, disidratazione) dei fanghi di supero del trattamento biologico.

Caso per caso risulteranno poi necessari specifici trattamenti, in funzione delle caratteristiche dello specifico refluo:
- equalizzazione, per scarichi quantitativamente differenziati nell'arco della giornata o della settimana;
- sedimentazione primaria per la separazione di materiale inerte (terra, sabbia);
- flottazione per scarichi con elevate concentrazioni di oli e/o grassi;
- neutralizzazione per effluenti a pH superiore a 9 o inferiore a 5;
- nitrificazione/denitrificazione, per scarichi con elevata presenza di materiale proteico.

Scarico in fognatura pubblica o consortile

La depurazione delle acque per lo scarico in fognatura pubblica od in impianti consortili, dopo un indispensabile pre-trattamento mediante asportazione dei materiali grossolani presenti nelle acque di scarico tramite sistemi di grigliatura, può prevedere due alternative per il raggiungimento di determinati standard:
1. trattamento parziale, composto da:
- vasca di accumulo/omogeneizzazione con eventuale controllo/correzione del pH;
- eventuale sezione di separazione dei grassi in vasche di affioramento;
- eventuale dissabbiatura;
2. trattamento chimico fisico per la separazione di materiale sospeso o sospendibile, con conseguente sistema di trattamento e smaltimento dei fanghi di risulta.

Disinfezione, igienizzazione e disinfestazione

Lavaggi e disinfezioni di impianti, attrezzi e locali

L'obiettivo del lavaggio e della disinfezione degli impianti, delle attrezzature e dei locali (con esclusione degli impianti che necessitano di un trattamento sterilizzante) è l'ottenimento di una carica microbica residua massima di 1 u.f.c./cm^2. Il lavaggio con acqua potabile, e possibilmente clorata, ha lo scopo di rimuovere le sostanze organiche e/o inorganiche depositate e facilitare le successive fasi di pulizia e disinfezione. La pulizia deve essere effettuata con opportuni detergenti, eventualmente addizionati con disincrostanti (acidi/basi) che hanno lo scopo di eliminare le sostanze che aderiscono alle superfici e che non vengono eliminate con il semplice lavaggio (in particolare le sostanze idrofobe o le incrostazioni), e deve sempre essere seguita da un risciacquo idoneo ad eliminare eventuali residui delle sostanze chimiche utilizzate. La disinfezione segue la pulizia e deve essere effettuata con vapore o acqua calda contenente sostanze disinfettanti (cloro, iodofori, ecc.). La disinfezione con vapore, ove applicabile, è sicuramente da preferirsi; la disinfezione chimica per essere efficace deve essere condotta in modo corretto, seguendo dosi, modalità e tempi di applicazione indicati dalla ditta fornitrice.
La frequenza con la quale vanno eseguite le operazioni di lavaggio, pulizia e disinfezione degli impianti e dei locali è correlata al tipo di lavorazione, di impianti e di materie prime utilizzate, alla continuità o discontinuità di lavorazione (abituale o occasionale) e viene di norma stabilita da una osservazione diretta effettuata in modo corretto e responsabile.

Lotta alle infestazioni

E' l'insieme delle azioni di varia natura (chimica, fisica, meccanica, ecc.) dirette alla riduzione dei parassiti in fase di avvicinamento e/o penetrazione, oppure già introdotti, negli ambienti di lavorazione e conservazione di alimenti. Per la messa in atto di un razionale programma di contenimento delle infestazioni, il personale che dirige le operazioni di lotta deve avere sufficienti conoscenze sugli aspetti biologici dei parassiti e sulle caratteristiche dei mezzi chimici utilizzati, in termini di tossicità, persistenza, meccanismi d'azione, repellenza, ecc.

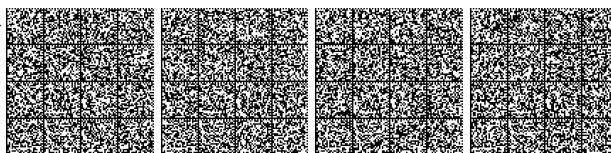
Servizi ausiliari

Acqua

L'acqua deve essere disponibile in quantità e qualità sufficienti. La disponibilità e l'impiego di acqua fredda e calda potabile e sotto pressione devono essere assicurati per tutte quelle operazioni nelle quali l'acqua e il prodotto vengono a contatto e comunque nell'intera fabbrica per il lavaggio e il risciacquo di impianti e attrezzi di lavoro.
L'acqua di raffreddamento delle confezioni dopo trattamento termico di stabilizzazione deve avere le stesse caratteristiche di potabilità microbiologica prevista per l'acqua destinata al consumo umano. Al fine di mantenere queste caratteristiche durante l'impiego, soprattutto se utilizzata in condizioni di pressione atmosferica o sotto vuoto, l'acqua deve essere clorata in quantità tale che dopo l'impiego ci sia ancora una minima quantità di cloro libero (0,2 mg/l). Il dosaggio iniziale dipende dalla qualità dell'acqua e dal grado di contaminazione da sostanza organica delle confezioni e degli impianti; è opportuno ricordare che prima dell'impiego devono essere garantiti dei tempi di contatto minimi che possono variare in base al tipo di agente clorante utilizzato (ridotti per il biossido, di almeno 20 minuti per l'ipoclorito). L'acqua utilizzata per il raffreddamento può essere riciclata e servire per lo scarico idraulico e per i

primi lavaggi; può essere anche riutilizzata per la stessa operazione di raffreddamento dopo passaggio in torre evaporativa, ma in questo caso deve essere adeguatamente sottoposta a trattamenti di condizionamento chimico e disinfezione e a continui controlli dell'efficacia degli stessi.
Le acque tecnologiche che non vengono a contatto diretto con le sostanze alimentari (produzione di energia termica, installazioni frigorifere, rete antincendio, ecc.) non devono essere necessariamente potabili ma devono essere isolate in appositi circuiti, possibilmente segnalati esternamente con colori che distinguano queste reti da quella dell'acqua potabile al fine di evitare qualsiasi commistione dovuta a connessioni accidentali che possano essere effettuate.
In particolare, il circuito di acqua potabile deve essere individuato mediante specifica colorazione delle tubature e non deve consentire commistioni con altre acque di processo.

Vapore

Il vapore che viene a diretto contatto con il prodotto (scottatura, ecc.) e il vapore "sanitario", cioè quello utilizzato per sanitizzare tubazioni, apparecchiature e serbatoi che verranno poi a contatto diretto con la sostanza alimentare, non deve contenere alcun residuo che possa costituire una minaccia per la salubrità del prodotto finito. Anche i prodotti chimici utilizzati per il trattamento dell'acqua destinata alla produzione di questo vapore dovranno essere del tipo approvato e consentito dalla legislazione vigente. Anche in questo caso la linea del vapore dovrà essere separata e ben individuabile.

Descrizione delle tecniche di lavorazione specifiche di ciascun settore produttivo

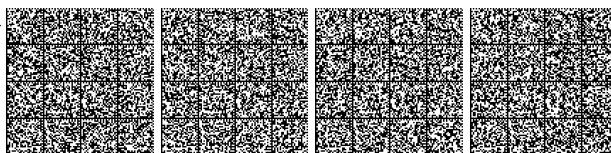
Derivati di carne

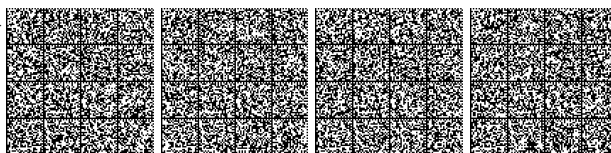
Il superamento del limite di 75 t/d di prodotto finito (come potenzialità, più che come effettiva produzione) è limitato a pochissimi stabilimenti italiani di produzione di carne in scatola.
Nel caso di prodotti cotti, non esistono stabilimenti con capacità produttive per singola linea al di sopra della soglia indicata; in alcuni casi coesistono, all'interno dello stesso stabilimento, più linee produttive e in questo caso la capacità produttiva complessiva potrebbe superare quella indicata.
Anche per i prodotti stagionati, non esistono in Italia stabilimenti con capacità produttive per singola linea di queste dimensioni. Nel caso della produzione di prosciutto crudo stagionato, fra l'altro, non è chiaro il meccanismo di calcolo della capacità effettiva giornaliera; il prosciutto, infatti, ha una tipologia produttiva particolare che prevede un calendario di operazioni su base settimanale, per cui sembra logico distribuire il dato di ricevimento della materia prima sull'arco della settimana, o comunque ad una produzione annua di prodotti finiti divisa per un numero medio di giornate lavorative.
Ad esempio per la produzione di 400.000 prosciutti/anno (4.500 t/anno di carne fresca e 3.150 t/anno di prodotto finito, dimensione che riguarda non più di una decina di stabilimenti italiani) l'arrivo di carne nella giornata di ricevimento (50 gg/anno) è di 90 t/d (quindi superiore al limite) ma calcolato sulle giornate lavorative/anno (220) si abbassa a meno di 20 t/d di carne fresca e a circa 15 t/d di prosciutti stagionati.

Dopo questa doverosa premessa è sembrato comunque utile riportare in rassegna le tipologie produttive delle produzioni italiane, riservando la fase successiva di determinazione degli indicatori ambientali specifici alle produzioni che pur non raggiungendo le capacità produttive individuate dalla Direttiva 96/61, rimangono su valori almeno confrontabili con esse.

Nella presente trattazione, fra i settori previsti nella classificazione NACE, si prenderà in esame soprattutto il sub-settore 15.11.
Per comodità il detto sub-settore viene ulteriormente suddiviso in 4 categorie merceologiche:

- sezionamento e imballaggio di carne per la vendita;
- carne in scatola;
- prodotti della salumeria cotti;
- prodotti della salumeria stagionati.

Riguardo alla prima categoria si deve tenere presente che, in particolare per quanto riguarda la carne suina, le operazioni di sezionamento sono sempre presenti nei macelli italiani aventi dimensioni tali da rientrare nell'interesse dell'IPPC (50 t/d di carcasse) che lavorano espressamente per le industrie di produzione dei prodotti tipici della salumeria italiana. Questo comporta una notevole difficoltà nel differenziare fra i due settori (regolamentati da Linee guida diverse) consumi, emissioni ed efficacia delle MTD.
Nella descrizione dei singoli schemi a blocchi si è cercato di inquadrare le operazioni unitarie specifiche delle lavorazioni esaminate nelle operazioni unitarie valide per l'intero comparto Industria Alimentare. Eliminando le operazioni che non riguardano il settore Carni, si è ottenuta la seguente corrispondenza.

No.	**Operazione unitaria**	Sezionamento e imballaggio di carne per la vendita	**Carni in scatola**	**Salumi cotti**	**Salumi stagionati**
A.1	Movimentazione, disimballo e magazzinaggio materie prime				
A.2	Cernita, pulizia, toelettatura.				
A.5	Scongelamento con acqua, raffreddamento in acqua, reidratazione, risciacquo				
B.1	Taglio, sezionamento, triturazione, macinazione, polpatura, passatura, raffinazione, rifilatura, toelettatura				
B.2	Miscelazione, mescolamento, impasto, concaggio, omogeneizzazione, aggiunta ingredienti				
B.4	Formatura, estrusione, insacco				
D.7	Aggiunta di additivi, salatura				
D.8	Affumicamento				
E.3	Cottura,				
E.5	Arrostimento				
E.7	Temperizzazione				
E.8	Stabilizzazione termica				
F.3	Disidratazione, stagionatura				
G.1	Raffreddamento, refrigerazione, maturazione a freddo				
G.2	Congelamento				
H.1	Confezionamento, riempimento, cucitura, insacco, legatura				
H.2	Confezionamento in atmosfera protettiva				
U.1	Sanificazione, disinfezione				
U.2	Produzione e consumo di energia termica				
U.3	Trattamento acque primarie				
U.4	Generazione di vuoto				
U.5	Refrigerazione				

Nella successiva trattazione, sia come schemi a blocchi, sia come descrizione delle principali operazioni unitarie, sono state indicate le sigle che permettono il collegamento alle operazioni unitarie sopra elencate.

Carne in scatola in gelatina

Schema a blocchi di produzione

Viene presentato uno schema a blocchi generale relativa alla situazione produttiva degli stabilimenti italiani nei quali si parte unicamente da carne cotta congelata già mondata e da gelatina.

	Risorse			Emissioni					
	EE	ET	AQ	AQ	AR	OD	Ri	Ru	
Stoccaggio carne cotta congelata	2	0	1	0	0	0	0	1	6%
Preparazione gelatina									
Scongelamento	2	0	0	0	0	0	0	0	3%
Miscelazione	2	0	0	0	0	0	0	0	3%
Depallettizzazione contenitori	2	0	0	0	0	0	1	2	7%
Taglio	1	0	0	0	0	0	0	0	1%
Cottura	0	3	2	4	2	2	1	0	21%
Dosaggio carne	1	0	0	1	0	0	2	0	6%
Vasca di raccolta	1	0	0	1	0	0	0	0	3%
Controllo peso	1	0	0	0	0	0	0	0	1%
Dosaggio e colmatura	1	1	1	1	0	0	2	0	9%
Disaerazione	1	0	1	0	0	2	0	0	6%
Aggraffatura	1	0	0	0	0	0	1	0	3%
Lavaggio scatole	1	1	1	1	0	0	1	0	7%
Sterilizzazione	1	3	1	3	2	0	0	0	15%
Raffreddamento	1	0	2	1	0	0	0	0	6%
Magazzinaggio	1	0	0	0	0	0	1	0	3%
	28%	12%	13%	18%	6%	6%	13%	4%	
	19	8	9	12	4	4	9	3	

Descrizione delle operazioni rilevanti ai fini delle IPPC

Ricevimento e stoccaggio carne cotta congelata ***(A.1)***

E' ormai generalizzato l'impiego di carni disossate, mondate, cotte e congelate, di diverse pezzature, che raggiungono lo stabilimento confezionate in buste di plastica e normalmente con imballaggio secondario di cartone. Lo stoccaggio viene fatto in celle frigorifere mantenute al di sotto dei -18°C. Non sono necessarie altre particolari precauzioni, in quanto la carne bovina cotta, per il ridotto contenuto di grasso per lo più saturo, è poco soggetta a fenomeni di irrancidimento.

Scongelamento ***(A.5)***

Lo scongelamento può essere effettuato con aria a temperatura controllata, a doccia intermittente o con acqua corrente. In questo caso le carni, liberate o non dal materiale di imballaggio, sono disposte in gabbie metalliche, immerse in vasche contenenti acqua in quantità tale che essa ricopra interamente la carne. Lo scongelamento avviene inviando in continuazione acqua e scaricando quella utilizzata da un troppopieno di livello. Per uno scongelamento con acqua corrente a 15-18°C si può prevedere un consumo di circa 3-5 mc/t.

Taglio, mondatura e dosaggio carne ***(B.1)***

Dopo scongelamento, la carne (solo nel caso di carne cruda, materia prima non utilizzata in Italia) viene sottoposta ad una mondatura (eliminazione di nervi, tendini, grasso in eccesso) ed eventualmente disossata.

Preparazione gelatina ***(B.2)***

Viene preparata a partire da preparati industriali (se si usa carne congelata cotta). Al brodo si aggiungono gli ingredienti addensanti e di interesse organolettico.

Disaerazione, dosaggio e riempimento ***(H.1)***

La gelatina viene sottoposta a disaerazione e quindi dosata nelle scatole (con colmatrice sotto vuoto), che già contengono la parte di carne necessaria. Le scatole sono poi aggraffate e inviate ad una lavatrice per allontanare residui di carne o gelatina che possono avere insudiciato le scatole in fase di riempimento. Il lavaggio si effettua con acqua calda.

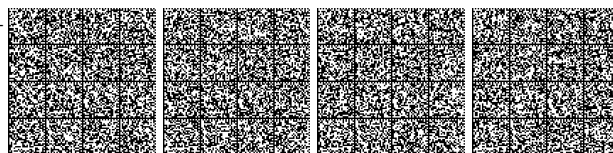
Trattamento di stabilizzazione termica ***(E.8)***

Le scatole in uscita dalla lavatrice, sono stivate in cestoni metallici e inviate alle autoclavi (discontinue) di sterilizzazione o, più raramente, direttamente a sterilizzatori continui, ma statici. Segue il raffreddamento, che deve essere effettuato con acqua clorata.

Confezionamento secondario

Le scatole raffreddate e asciugate sono inviate al confezionamento secondario (scatole di cartone o fardelli con fondo in cartone e avvolgimento in film termoretraibile).

Magazzinaggio

Il prodotto ha una vita commerciale molto lunga e non necessita di particolari accorgimenti, se si esclude la necessità di una buona aerazione per evitare condensazioni di umidità sulle scatole con possibile danneggiamento delle superfici esterne delle stesse.

Salumi cotti

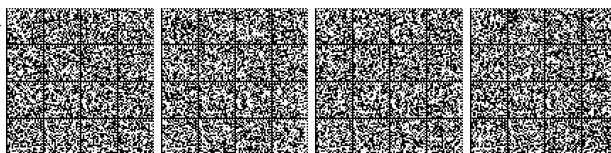
Una distinzione fondamentale si ha fra: prodotti interi (prosciutto e spalla cotti, arrosti e altri quali lingua, stinco, ecc.) e prodotti macinati (mortadella, wurstel e precotti quali zampone, cotechino e simili).

Schema a blocchi delle principali tipologie produttive

Fase	Codice	Risorse EE	Risorse ET	Risorse AQ	Emissioni AQ	Emissioni AR	Emissioni OD	Emissioni Ri	Emissioni Ru	
Ricevimento e selezione materia prima	A1	1	0	1	1	1	0	0	1	9%
Stoccaggio (Eventuale)	U5	2	0	0	0	0	0	0	0	0%
Climatizzazione in cella fredda	U5	2	0	0	0	0	0	0	0	4%
Pesatura e dosaggio	D 7	1	0	1	1	0	0	1	0	8%
Pesatura e premacinatura	B1	1	0	1	1	0	0	2	0	9%
Triturazione carne, cubettatura e lavaggio lardello	B1 B2	2	0	1	1	0	0	0	1	9%
Impastatura e insacco	B4	2	0	1	2	0	2	1	0	15%
Cottura	E3	1	3	2	3	2	1	1	0	25%
Raffreddamento	G1	1	0	2	1	0	0	0	0	8%
Confezionamento	H1	1	0	1	1	0	0	0	0	6%
Magazzinaggio	U5	1	0	0	0	0	0	1	0	4%
		28%	6%	19%	21%	6%	6%	11%	4%	

Prosciutto e spalla cotti

Fase	Codice	Risorse EE	Risorse ET	Risorse AQ	Emissioni AQ	Emissioni AR	Emissioni OD	Emissioni Ri	Emissioni Ru	%
Ricevimento e selezione materia prima	A1 A2	1	0	1	1	2	1	1	2	11%
Stoccaggio	U5	2	0	0	0	0	0	0	0	2%
Scongelamento in acqua (*Eventuale*)	A5	2	2	4	1	0	0	0	0	11%
Climatizzazione in cella fredda	U5	1	0	0	0	0	0	0	0	1%
Preparazione salina	B2	1	0	0	2	0	0	1	0	5%
Disosso	B1	1	0	0	1	0		3	0	6%
Stoccaggio salina	U5	1	0	0	0	0	0	0	0	1%
Siringatura	D7	1	0	1	2	0	0	0	0	5%
Massaggio e zangolatura	B2,D.7	1	0	1	1	0	0	0	0	4%
* Prima pressatura e stampaggio	B4	2	0	2	2	0	0	1	0	9%
Disaerazione	F1	1	0	0	0	0	1	0	0	2%
Cottura con eventuale affumicatura	E3 (D8)	1	3	1	3	2	0	2	0	15%
Ripressatura e raffreddamento con acqua e riposo in cella	G1	2	0	2	0	0	0	0	0	5%
Destampaggio Toelettatura Imbustamento	B4	0	0	0	0	0	0	1	0	1%
Lavaggio stampi, bidoni e bilancelle	A4	1	2	3	3	0	1	2	0	15%
Pastorizzazione di superficie	E8	1	1	1	0	1	0	0	0	5%
Raffreddamento	G1	1	0	1	1	0	0	0	0	4%
Magazzinaggio refrigerato	U5	2	0	0	0	0	0	0	0	2%
		27%	10%	21%	21%	6%	0%	13%	2%	

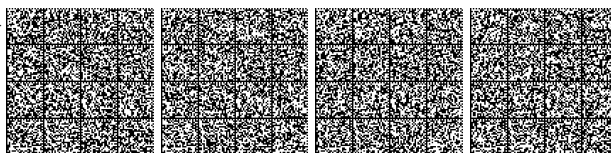
*una tecnica alternativa prevede l'imbustamento e la cottura già nella confezione; in tal caso le fasi successive (fino alla pastorizzazione di superficie compresa) sono unificate

Descrizione delle operazioni rilevanti ai fini dell'IPPC

*Ricevimento e selezione carne **(A.1 e A.2)***
Gli stabilimenti ricevono materia prima refrigerata o congelata.

*Stoccaggio e scongelamento carne congelata **(A.5 e U5**, escludendo lo scongelamento ad aria)*
Nel caso di lavorazione di carne congelata, lo scongelamento può essere effettuato con aria a temperatura controllata, a doccia intermittente o acqua corrente. In questo caso le carni, liberate dal materiale di imballaggio (secondario e primario), sono disposte in gabbie metalliche, immerse in vasche contenenti acqua in quantità tale che essa ricopra interamente la carne. Lo scongelamento avviene inviando in continuazione acqua e scaricando quella utilizzata da un troppopieno di livello.
Lo scongelamento ad aria (limitato alle pezzature più piccole), consente di ridurre il consumo di acqua, ma richiede tempi decisamente più lunghi e superfici dedicate molto più ampie. Sottopone inoltre la carne a rischi di essiccamento superficiale con possibili alterazioni di tipo ossidativo (irrancidimento) a carico dei grassi insaturi, che sono più probabili nel caso di carne suina.

*Climatizzazione in cella fredda **(A.1 e E.7)***
Si rende necessaria, in particolare per i prodotti scongelati, per permettere una distribuzione omogenea della temperatura all'interno del pezzo. Generalmente può richiedere da 18 a 24 ore. Si ha una parziale perdita di liquidi di sgocciolamento.
Per la produzione di mortadelle e prodotti precotti a partire da carne congelata, si preferisce alzare la temperatura (temperizzazione) senza arrivare allo scongelamento (-3/-10 °C).

*Taglio, cubettatura, disosso, macinatura e impasto **(B.1, B.2)***
In base al tipo di prodotto che si vuole ottenere e al tipo di carne che si lavora, le diverse operazioni indicate possono essere presenti tutte o in parte e avere diversa importanza. Per il **prosciutto e la spalla** si provvede, se non già effettuato in macello, al disosso manuale (chiuso o aperto) o meccanico (chiuso) e alla sgrassatura.
Per **zampone, cotechino e simili**, si parte da carne congelata che, dopo innalzamento della temperatura (climatizzazione), viene sgrassata, tagliata in fette, macinata in tritacarne. Ad essa viene aggiunta la cotenna (tritata in pezzi più piccoli), e il tutto, con gli ingredienti (sale, spezie, additivi), viene mescolato in impastatrice.
Per la **mortadella** si parte da due linee separate (linea magroe linea grasso). La parte viene cubettata e miscelata; il grasso viene scotennato, cubettato, scaldato e lavato. Le due fasi sono poi unite nell'impastatrice con gli additivi e gli ingredienti. **(D.7)**
I **würstel** (salsicce cotte a pasta fine) sono a base di tessuto muscolare, tessuto adiposo, acqua, sali, aromi **(D.7)** triturato finemente a crudo fino ad ottenere un impasto omogeneo; si possono utilizzare speciali tritacarne, cutter o mulini colloidali (da soli o eventualmente combinati).

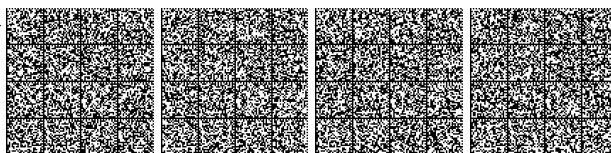
*Siringatura **(D.7)***
L'operazione viene effettuata per i prodotti interi (prosciutto, spalla, tacchino). Abbandonata la tradizionale iniezione "in vena", oggi si opera con siringatrici multiaghi, che consentono maggior produttività e migliore distribuzione della salamoia. Le siringatrici iniettano nella massa del prosciutto o della spalla un determinato quantitativo di una salamoia contenente diversi additivi e ingredienti (sale, polifosfati, ascorbato, caseinato, nitrato, nitrito, glutammato, ecc.). Alla siringatura può essere abbinato l'intenerimento, che consiste nella

sfibratura meccanica delle fibre muscolari, per facilitare l'assorbimento della soluzione salina nelle fasi di massaggio.

Massaggio o zangolatura (ulteriore fase di D.7, B.2)
Successiva alla siringatura, è un'operazione che permette una completa omogeneizzazione degli ingredienti e degli additivi nel pezzo con l'estrazione di un essudato proteico/salino ad azione legante; viene realizzata massaggiando la carne all'interno di un contenitore che ruota attorno ad un asse (verticale o inclinato) in modo continuo o intermittente e che opera sottovuoto e/o a temperature di refrigerazione.

*Insacco **(H.1)***
E' successivo all'impasto; consiste nel riempire con l'impasto budelli naturali o sintetici di diversa forma e capacità. Si opera in insaccatrice sotto vuoto.

*Stampaggio, destampaggio **(B.4)** e lavaggio stampi **(A.4)***
Utilizzati per la produzione di prosciutti e spalle cotti, prevedono la chiusura in sacchetto termosaldato sotto vuoto o la sistemazione manuale della carne all'interno dello stampo in alluminio (dopo interposizione di un foglio di materiale plastico che consentirà poi un più facile destampaggio), la chiusura dello stampo e la pressatura meccanica che consente l'adesione perfetta della carne alla forma dello stampo stesso. Dopo cottura, lo stampo verrà ripressato, lasciato a riposo (per consentire un abbassamento della temperatura a circa 50°C), avviato alla cella di raffreddamento (0°C per 24 ore) e infine aperto per l'estrazione del pezzo. Gli stampi vuoti sono inviati ad un tunnel di lavaggio mediante docce d'acqua ad alta pressione, per eliminare tracce di grasso e carnicci.

*Cottura e affumicamento **(E.3)***
La cottura avviene in forni che possono essere ad acqua, a doccia, a vapore e circolazione di vapore/aria. I primi (utilizzati per prodotti interi) consentono la migliore omogeneità di riscaldamento, ma comportano notevoli consumi energetici ed idrici, provocano un maggior calo del peso, con conseguente maggior passaggio di materiale proteico nell'acqua e quindi un maggior inquinamento. I forni a doccia riducono gli svantaggi ricordati, consentendo ugualmente una buona uniformità di riscaldamento, e prevedono l'azione contemporanea dell'acqua calda inviata attraverso le docce e del vapore saturo che si alza dalla bacinella di raccolta posta alla base del forno e riscaldata a sua volta per immissione di vapore per gorgogliamento. Nei forni a vapore la doccia di acqua è eliminata e il riscaldamento è a carico del solo vapore prodotto nella bacinella di raccolta. Quelli ad aria prevedono, quando necessaria per controllare l'umidità, l'immissione di vapore e la ricircolazione di aria calda, ottenuta per passaggio attraverso scambiatori di calore. Per i würstel e per il prosciutto Praga si provvede contemporaneamente anche all'affumicamento **(D.8)**. Il fumo viene ottenuto in generatori appositi (circolazione di aria e alimentazione in continuo di segatura o trucioli umidificati), a vapore surriscaldato e segatura, ad attrito meccanico per rotazione ad alta velocità di un disco su un ceppo di legno con conseguente bruciatura e produzione di fumo; l'operazione può essere sostituita **(D.7)** dall'aggiunta di un opportuno ingrediente (fumo liquido).

*Raffreddamento **(G.1)***
Viene effettuato per docciatura con acqua fredda per abbassare la temperatura al di sotto dei limiti di crescita dei batteri termofili; il calore residuo che si sprigiona dal prodotto serve ad asciugare la superficie. Gli stampi sono poi inviati ad una cella di raffreddamento dove sostano almeno 24 ore alla temperatura di ca 0 °C.

Destampaggio, toelettatura, pelatura ***(B.1)***
I prosciutti, le spalle e gli arrosti vengono tolti dagli stampi e quindi subiscono alcune operazioni di rifilatura manuale per migliorarne l'aspetto (toelettatura).
I würstel sono eventualmente sottoposti a pelatura, con allontanamento del budello cellulosico utilizzato per dare forma al prodotto **(D.12)**.

Confezionamento ***(H.1)***
Si effettua sottovuoto. Le confezioni così preparate sono di norma inviate ad una pastorizzazione di superficie per eliminare l'eventuale carica superficiale accumulata nelle operazioni di toelettatura, pelatura e confezionamento.

Stabilizzazione termica ***(E.8)***
Si effettua per i precotti (zampone, cotechino, etc.) in alternativa alla cottura, previo confezionamento sotto vuoto in accoppiato plastica/alluminio. Consiste in un trattamento termico in autoclave e in un successivo raffreddamento.

Magazzinaggio refrigerato ***(U.5)***
Viene di norma effettuato in magazzini refrigerati al di sotto dei 10°C, con buona circolazione di aria ad umidità controllata (umidità relativa 75%) per evitare condensazione sulla superficie, ma anche un'eccessiva essiccazione superficiale. Il magazzinaggio refrigerato non è necessario per i precotti sterilizzati.

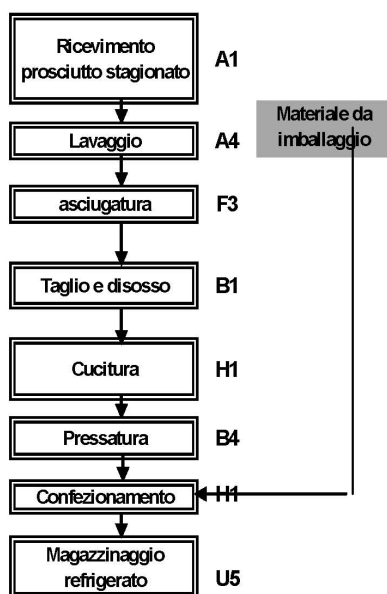
Salumi crudi stagionati

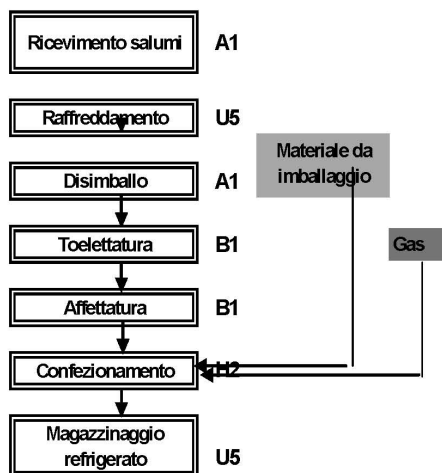
Anche in questo caso si può fare una distinzione fra prodotti interi (prosciutto crudo stagionato, coppe, pancette, bresaole) e prodotti macinati (salami).

Di seguito sono presentati gli schemi a blocchi delle principali tipologie produttive.

Schemi a blocchi delle principali tipologie produttive

Prosciutto crudo		Risorse			Emissioni					
		EE	ET	AQ	AQ	AR	OD	Ri	Ru	
Ricevimento e selezione materia prima	A1	1	0	1	1	1	0	0	1	10%
Stoccaggio in cella	U5	2	0	0	0	0	0	0	0	4%
Scongelamento (Eventuale)	A5	2	2	0	0	0	0	0	0	8%
Rifilatura	A2	1	0	0	0	0	0	0	0	2%
Pesatura e preparazione		0	0	0	0	0	0	1	0	2%
1^ Salatura	D7	1	0	0	0	0	0	1	0	4%
Cella di diffusione	U5, D7	1	0	0	2	0	0	0	0	6%
2^ salatura	D7	1	0	0	0	0	0	1	0	4%
Cella di diffusione	U5, D7	1	0	0	2	0	0	0	0	6%
Riposo	U5	1	0	0	2	0	0	0	0	6%
Toelettatura	B1	1	0	1	1	0	0	1	0	8%
Lavaggio	A4	1	1	1	4	0	0	1	0	17%
Asciugatura	F3	1	0	0	0	0	0	1	0	4%
Stagionatura - 1^ fase	F3	1	0	0	0	0	0	1	0	4%
Sugnatura	D13	0	0	1	2	0	0	1	0	8%
Stagionatura - 2^ fase	F3	1	0	0	0	0	0	1	0	4%
		33%	6%	8%	29%	2%	0%	19%	2%	

Disosso prosciutto crudo

Risorse			Emissioni					
EE	ET	AQ	AQ	AR	OD	Ri	Ru	
0	0	1	1	1	0	0	1	15%
1	1	2	3	0	1	0	0	30%
1	0	0	0	0	0	0	0	4%
2	0	1	1	0	0	0	2	22%
1	0	0	0	0	0	1	0	7%
1	0	0	0	0	0	1	0	7%
2	0	0	0	0	0	1	0	11%
1	0	0	0	0	0	0	0	4%
33%	4%	15%	19%	4%	4%	11%	11%	

Affettatura salumi

Risorse			Emissioni					
EE	ET	AQ	AQ	AR	OD	Ri	Ru	
0	0	0	0	1	0	0	1	7%
1	0	0	0	0	0	0	0	4%
1	0	0	0	0	0	3	0	15%
1	0	0	0	0	0	1	0	7%
2	0	1	1	0	0	1	0	19%
2	0	0	0	0	0	1	0	11%
1	0	0	0	0	0	0	0	4%
30%	0%	4%	4%	4%	0%	22%	4%	

Risorse			Emissioni					
EE	ET	AQ	AQ	AR	OD	Ri	Ru	
1	0	1	1	1	0	1	1	9%
2	0	0	0	0	0	0	0	3%
2	2	0	1	0	0	0	0	8%
1	0	1	1	0	0	0	0	5%
1	0	0	0	0	0	0	0	2%
0	0	2	3	0	0	1	0	9%
1	0	1	2	0	0	0	0	6%
1	0	0	1	0	0	0	0	3%
2	0	1	1	0	0	1	0	8%
1	0	0	0	0	0	1	0	3%
1	0	0	1	0	0	0	0	3%
1	0	0	1	0	0	0	0	3%
1	0	0	0	0	0	1	0	3%
1	1	0	0	2	0	1	0	8%
1	0	0	0	0	0	0	0	2%
1	0	2	2	1	1	1	0	12%
0	0	0	2	1	0	1	0	6%
0	0	1	2	0	0	1	0	6%
1	0	0	0	0	0	1	0	3%
29%	5%	14%	27%	8%	2%	15%	2%	

Descrizione delle operazioni rilevanti ai fini delle IPPC.

Ricevimento e selezione della materia prima ***(A.1 e A.2)***
Il tipo e le caratteristiche della materia prima differiscono, naturalmente, in base al prodotto da ottenere. Per i prosciutti crudi si utilizzano cosce di suini di età fra i 10 e i 12 mesi e di pezzature fra i 150 e i 180 kg per i prodotti tipici (Parma, San Daniele, Modena, Euganeo) e di pezzatura inferiore per gli altri. Nel primo caso si usa solo carne refrigerata macellata di fresco, mentre per i secondi si usa anche carne congelata che deve essere sottoposta a scongelamento. Per le coppe, le pancette e i diversi tagli che costituiscono la materia prima di partenza per la produzione di salami si utilizza carne che arriva direttamente dai macelli e che viene tenuta per 24-48 ore in cella fredda. All'arrivo in stabilimento vengono controllati temperatura e pH per valutare lo stato della carne.

Scongelamento ***(A.5)***
Limitato al prodotto che arriva congelato (prosciutto non tipico); avviene come già descritto nel caso del prosciutto cotto.

Rifilatura, taglio, toelettatura, mondatura ***(B.1)***
La mondatura effettuata presso i macelli non è sufficiente e pertanto la carne viene sottoposta a operazioni di toelettatura specifiche per ogni utilizzo. A seconda dei tagli si può rendere necessaria una scotennatura parziale (prosciutto e pancette), una spremitura della vena (prosciutto) e l'asportazione di vene (coppa).

Preparazione budelli ***(A.4)***
Se si usa budello naturale, questo arriva generalmente preventivamente lavato e sgrassato, sotto sale. Al momento dell'impiego, i budelli vengono dissalati per immersione per circa 24 ore in acqua tiepida acidulata, o per docciatura in cestelli forati per tempi più brevi, quindi sezionati, puliti, testati e legati ad un'estremità.

Salatura, zangolatura ***(D.7)***
L'operazione di salatura con sale secco è specifica della produzione di prosciutto, pancetta e coppa; per queste ultime può essere effettuata anche in zangola (v. 2.3.2).

Diffusione sale (Salagione e Riposo) ***(continuazione della fase D.7)***
Si intendono le fasi di sosta in celle a temperature e a umidità relativa controllate che consentono al sale di penetrare all'interno della carne e all'acqua di fuoriuscire.

Lavaggio e asciugamento ***(A.4)***
Successivamente al periodo di cella i prosciutti vengono estratti dalla stessa, lavati con acqua tiepida, per eliminare il sale rimasto in superficie e le sostanze estratte dallo stesso con una produzione rilevante di reflui ricchi di grassi, proteine e sale. Prima del lavaggio è opportuno provvedere alla pulitura (rifilatura) della zona adiacente alla testa del femore e al taglio dell'anchetta.

Macinatura, dosaggio e miscelazione ingredienti ***(B.1, B.2, D.7)***
Sono operazioni che riguardano in particolare i salami: composizione dei tagli di carne, grana, ingredienti sono specifici delle numerosissime varietà di salami in commercio. La triturazione avviene in tritacarne/impastatrice (salami a grana medio/grande) o in cutter (salami a grana fine). Le operazioni, di per sé semplici, sono invece particolarmente delicate perché si deve evitare che le stesse possano determinare indesiderati innalzamenti di temperatura.

Insacco, legatura ***(H.1)***
Dall'impastatrice (salami) l'impasto è inviato all'insaccatrice a pale sotto vuoto, che ha la funzione di immetterlo nel budello (v. 2.3.2). Per le coppe invece si realizza l'insaccatura a macchina del pezzo intero direttamente nel budello (bondeana di manzo o suino). Anche le pancette possono essere insaccate (budello cellulosico), se non cotennate.

Stagionatura ***(F.3)***
E' una sosta in ambienti a temperatura e umidità controllate per tempi diversi (anche fino a 12 mesi) in funzione delle caratteristiche del prodotto.

Sugnatura (stuccatura) ***(D.13)***
Operazione alla quale vengono sottoposti (per 1 o 2 volte, nel caso di prodotti a lunga stagionatura) i prosciutti crudi nella fase di stagionatura, per evitare un eccessivo asciugamento della parte magra esposta. E' ottenuta spalmando una miscela di sugna macinata, sale, pepe e eventualmente farina.

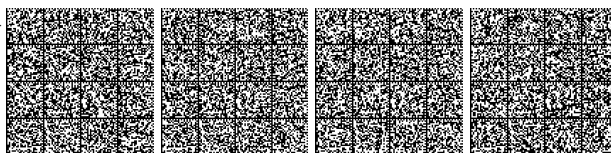
Lavaggio, infarinatura ***(D.13)***
Il salame stagionato può essere sottoposto ad una successiva fase di toelettatura a fini commerciali consistente nell'asportazione delle eventuali muffe cresciute sul budello per lavaggio e una successiva infarinatura, che gli impartisce una colorazione chiara.

Magazzinaggio
Generalmente magazzinaggio e ultimo periodo di stagionatura si collegano senza soluzione di continuità.

Disosso
In questi ultimi tempi si verifica un continuo crescente ricorso alle operazioni di disossatura, per avere un prodotto immediatamente utilizzabile anche nel caso del prosciutto crudo. L'operazione viene effettuata all'interno dello stabilimento di produzione, o in unità operative esterne, e costituisce una vera e propria linea di rilavorazione che prevede:

- lavaggio del prosciutto stagionato, effettuato in tunnel con acqua calda pressurizzata;
- asciugatura;
- taglio;
- eliminazione delle parti ossee;
- cucitura;
- pressatura;
- confezionamento in contenitore plastico sottovuoto.

Affettatura
Il prosciutto dopo disosso, e più in generale tutti i prodotti della salumeria, possono essere affettati e confezionati in contenitori plastici in atmosfera protettiva o sotto vuoto.

Per i prodotti disossati, in tranci e affettati è necessario un magazzinaggio in ambienti refrigerati.

Emissioni e consumi dell'industria di trasformazione delle carni

In questo paragrafo vengono definiti gli indicatori ambientali più significativi nel settore della trasformazione della carne. Nell'analisi sono stati presi in considerazione quelli che caratterizzano le emissioni delle lavorazioni che possono avere capacità dell'ordine di grandezza previsto dalla soglie di applicabilità della Direttiva Comunitaria.
Le tabelle seguenti mostrano dati rappresentativi del segmento produttivo e non necessariamente coincidono con la singola realtà aziendale.
Gli indicatori sono stati calcolati in base al rapporto esistente tra le quantità di ciascuna tipologia di effluenti e le quantità di prodotto "t".

a) carne in scatola

ENERGIA

Energia elettrica	GJ/t	0,54-1,44 (Kwh/t da 150 a 400)
Energia termica	GJ/t	2,9-3,2 (Kwh/t da 800 a 900)

EMISSIONI IN ATMOSFERA

CO_2	kg/t	da 180 a 200
NOx	kg/t	0,9 – 1,8

ACQUE

H_2O prelevata	m^3/t	da 10 a 18
H_2O scaricata	m^3 /t	da 10 a 18
kwh $_{dep}$/t		da 27 a 40
kwh $_{dep}$/kg COD		da 1,2 a 1,8
fanghi	kg/t	da 4 a 10 (secco) ; da 30 a 50 palabile
BOD_5	kg /t	da 12 a 15
COD	kg /t	da 20 a 25
Solidi sospesi	kg /t	da 2,5 a 5

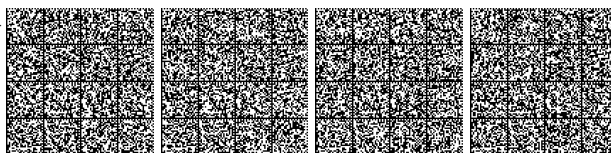
RIFIUTI

rifiuti prodotti kg/t	da 20 a 30
	da 50 a 65 (inclusi fanghi da impianto di depurazione acque)
percentuale quantità rifiuti recuperati/totale rifiuti prodotti:	
> 90%, esclusi i fanghi da impianto di depurazione acque	

Le principali tipologie di rifiuti avviati al recupero sono così costituite:
da imballaggio

- Plastica
- Cartone
- Metallo

Altri rifiuti, compreso sottoprodotti

- Sfridi di carne

b) salumi stagionati

ENERGIA

Energia elettrica	GJ/t	4,7-5 (Kwh/t da 1.300 a 1.400)
Energia termica	GJ/t	4,3-9,4 (Kwh/t da 1.200 a 2.600)

EMISSIONI IN ATMOSFERA

CO_2	kg/t	400
Nox	kg/t	n.d.

ACQUE

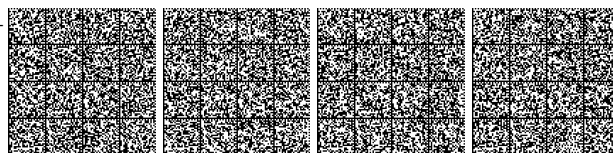
H_2O prelevata	m^3/t	da 10 a 20
H_2O scaricata	m^3/t	da 4 a 14
kwh $_{dep}$/t		da 27 a 40
kwh $_{dep}$/kg COD		da 2 a 4
fanghi	kg/t	da 20 a 20 (secco) ; da 30 a 50 palabile
BOD_5	kg/t	da 12 a 15
COD	kg/t	da 20 a 25
Solidi sospesi	kg/t	da 18 a 22

RIFIUTI

rifiuti prodotti	kg/t	da 35 a 50
		da 50 a 85 (inclusi fanghi da impianto di depurazione acque)
percentuale quantità rifiuti recuperati/totale rifiuti prodotti: > 90%, esclusi i fanghi da impianto di depurazione acque		

Le principali tipologie di rifiuti avviati al recupero sono così costituite:

- da imballaggio
  - Plastica
  - Cartone
  - Corda

- Altri rifiuti, compreso sottoprodotti
  - Sfridi di carne, budelli, ecc
  - Grasso
  - Sale

c) salumi cotti

ENERGIA

Energia elettrica	GJ/t	1,1-1,4 (Kwh/t da 300 a 400)
Energia termica	GJ/t	4,3-9,4 (Kwh/t da 1.200 a 2.600)

EMISSIONI IN ATMOSFERA

CO_2	kg/t	da 350 a 450
NOx	kg/t	n.d.

ACQUE

H_2O prelevata	m^3/t	da 4 a 18
H_2O scaricata	m^3/t	da 4 a 14
kwh $_{dep}$/t		da 16 a 30
kwh $_{dep}$/kg COD		da 1,4 a 2
fanghi	kg/t	da 20 a 20 (secco) ; da 30 a 50 palabile
BOD_5	kg/t	da 6 a 13
COD	kg/t	da 10 a 21
Solidi sospesi	kg/t	da 2 a 4

RIFIUTI

rifiuti prodotti	kg/t	da 20 a 30
		da 40 a 65 (inclusi fanghi da impianto di depurazione acque)
percentuale quantità rifiuti recuperati/totale rifiuti prodotti: > 90%, esclusi i fanghi da impianto di depurazione acque		

Le principali tipologie di rifiuti avviati al recupero sono così costituite:

- da imballaggio
  - Plastica
  - Cartone
  - Metalli (Al)

- Altri rifiuti, compreso sottoprodotti
  - Sfridi di carne
  - Grasso
  - Sale

Frutta e vegetali

Una parte importante dei prodotti ortofrutticoli italiani trovano nella trasformazione industriale la loro destinazione naturale.
Dall'analisi di questo settore restano esclusi gli oli vegetali, i prodotti derivati dai cereali e i prodotti da fermentazione alcolica, che sono inclusi in altri settori.
Nella presente trattazione, fra i settori previsti nella classificazione NACE, si prenderà in esame soprattutto il settore 15.3 e in particolare il sub-settore 15.33 "Trasformazione di frutta e ortaggi".
I settori 15.4 e 15.6, per la parte riguardante materie prime di origine vegetali, sono trattati in altre sezioni di questo documento.
Convenzionalmente si considerano diverse categorie di prodotti alimentari di origine vegetale:

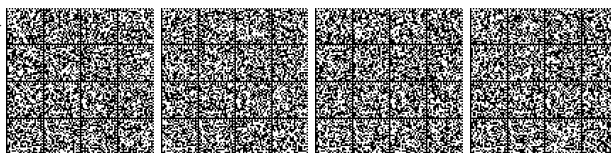
- prima gamma - frutta e ortaggi per la vendita diretta;
- seconda gamma - conserve di frutta e ortaggi stabilizzate termicamente (appertizzate), essiccate o conservate mediante tecniche miste;
- terza gamma – surgelati;
- quarta gamma - prodotti freschi sanitizzati e idonei per una breve conservazione (atmosfera protettiva);
- quinta gamma - prodotti elaborati idonei a una conservazione di alcune settimane (piatti pronti da gastronomia).

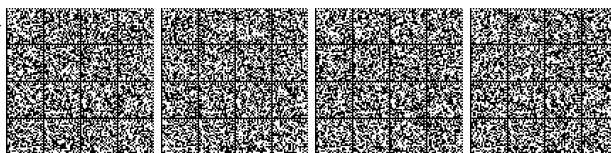
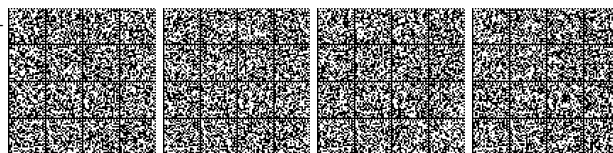
L'industria di produzione di conserve vegetali comprende tutti i derivati che hanno subito un trattamento atto ad incrementarne la conservabilità:

- trattamenti termici di sterilizzazione/pastorizzazione (appertizzati);
- trattamenti con le basse temperature (surgelati);
- disidratazione (essiccati);
- tecniche miste (aggiunta di additivi, fermentazione, ecc.).

Per i prodotti ortofrutticoli, limitatamente alla seconda e terza gamma, la quantità di materia prima che entra nelle fabbriche italiane è valutabile in circa 7,0 milioni di tonnellate per anno, di cui 5 costituiti da pomodoro.
Nella tabella seguente sono stati distinti i prodotti fra tre grandi gruppi (ortaggi, pomodoro e frutta) e per ciascun gruppo sono elencate le principali specie vegetali interessate, le tipologie merceologiche e il processo base di stabilizzazione utilizzato.

Ortaggi	Piselli, fagioli, fagiolini, spinaci, patate, asparagi, mais, ceci, lenticchie, carciofi, minestre	✓ **Al naturale** ✓ **All'acqua**	Appertizzati (trattamento termico)
	Olive, crauti, carciofini, funghi, cipolle, peperoni, carote, cetrioli, capperi, ecc.	✓ **Sottolio** ✓ **Sottaceto** ✓ **In salamoia** ✓ **Con anidride solforosa**	Appertizzati con il contemporaneo impiego di agenti conservanti (naturali o altro)
	Vari	✓ **Secchi**	Essiccazione
	Vari	✓ **Surgelati e refrigerati (terza , quarta e quinta gamma)**	Freddo, atmosfere protette
Pomodoro	Pomodoro	✓ **Concentrato**	Concentrazione e trattamento termico
		✓ **Pelati**	Trattamento termico
		✓ **Polpe** ✓ **Triturati** ✓ **Cubettati**	Trattamento termico
		✓ **Succhi** ✓ **Passati**	Trattamento termico
		✓ **Polvere** ✓ **Fiocchi**	Essiccazione
Frutta	Fragole, frutti di bosco, pere, mele, pesche, albicocche, prugne, ananas, ciliegie, uva, altro.	✓ **All'acqua** ✓ **Allo sciroppo**	Trattamento termico, eventuale effetto sinergico dello zucchero.
	Pesche, prugne, albicocca, ciliegie, fragole, lamponi, fichi.	✓ **Confetture** ✓ **Gelatine**	Trattamento termico, con effetto sinergico dello zucchero.
	Agrumi	✓ **Marmellate**	Trattamento termico, con effetto sinergico dello zucchero.
	Pere, pesche, mele, uva, albicocca, frutta tropicale, frutti di bosco.	✓ **Succhi** ✓ **Nettari**	Trattamento termico.
	Vari frutti	✓ **Canditi**	Zucchero
	Vari frutti	✓ **Frutta secca**	Essiccazione
	Vari frutti	✓ **Frutta surgelata e pronta all'uso**	Freddo

Di seguito, vengono riportati gli schemi a blocchi riassuntivi delle produzioni di conserve vegetali e successivamente alcune note illustrative delle specifiche operazioni.
Le tecniche utilizzate nell'industria di produzione di conserve vegetali sono molto varie e ogni generalizzazione rischia di risultare eccessivamente semplificativa. E' tuttavia necessario, in

questa sede, indicare prodotti e operazioni unitarie suscettibili di classificazioni e di indicazioni comuni.

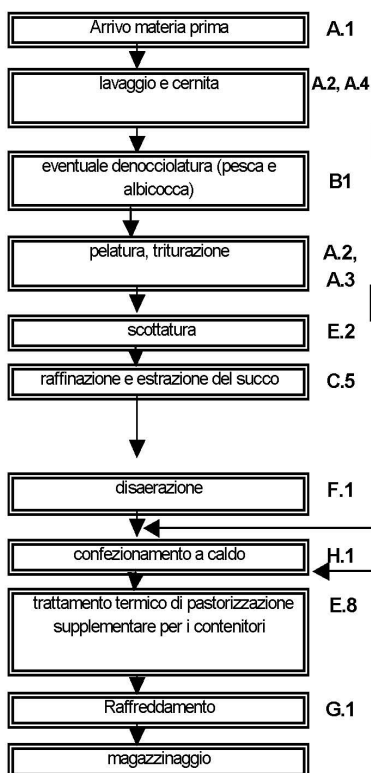
Anche in questo caso, nella descrizione dei singoli schemi a blocchi si è cercato di inquadrare le operazioni unitarie specifiche delle lavorazioni esaminate nelle categorie indicate per l'intero comparto Industria Alimentare. Eliminando le operazioni che non riguardano il settore frutta e ortaggi, si è ottenuta la seguente corrispondenza.

	Fasi del processo	Marmellate, confetture e gelatine	Conserve vegetali appertiizzate	Vegetali essiccati e irradiati	Succhi e nettari di frutta	Passata e concentrato di pomodoro	Salse	Vegetali surgelati e refrigerati
A.1	Movimentazione, disimballo e magazzinaggio materie prime							
A.2	Cernita, pulizia							
A.3	Pelatura							
A.4	Lavaggio,							
A.5	Scongelamento con acqua, raffreddamento in acqua, reidratazione, risciacquo							
B.1	Taglio, sezionamento, triturazione, macinazione, polpatura, passatura, raffinazione, toelettatura							
B.2	Miscelazione, mescolamento, impasto, concaggio, omogeneizzazione, aggiunta ingrediento							
B.4	Formatura, estrusione							
C.3	Centrifugazione							
C.4	Filtrazione							
C.5.	Separazione su membrana							
D.1	Rinvenimento in acqua							
D.4	Fermentazione							
D.7	Salamoiatura							
D.10.	Sulfitazione							
D.12	Coating							
E.2	Scottatura							
E.3	Cottura, stufatura							
E.8	Trattamento termico di stabilizzazione							
F.1	Evaporazione (liquido/liquido)							
F.2	Essiccazione (liquido/solido)							
F.3.	Disidratazione (solido/solido)							

G.1	Raffreddamento, refrigerazione, maturazione a freddo							
G.2	Surgelazione							
H.1	Riempimento, confezionamento							
H.2	Confezionamento atmosfera protettiva							
U1	Pulizia/sanificazione							
U2	Generazione e consumi di energia termica							
U.3	Trattamento acque primarie							
U.4	Generazione di vuoto							
U.5	Impianti di refrigerazione e congelamento							

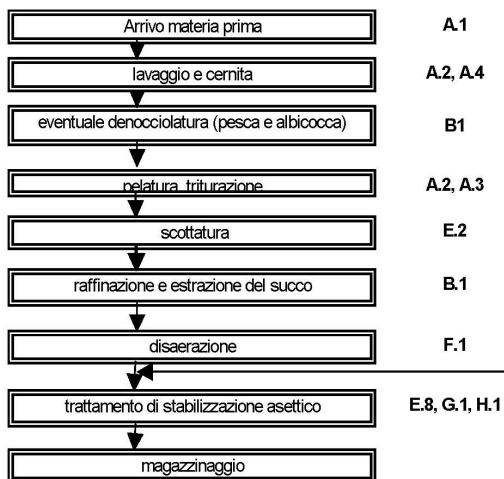
Nella successiva trattazione, sia come schemi a blocchi, sia come descrizione delle principali operazioni unitarie, sono state indicate le sigle che permettono il collegamento alle operazioni unitarie stabilite sopra.

Produzione delle principali conserve vegetali

Confetture, marmellate e gelatine tipo tradizionale

Fase	Rif.	Risorse EE	Risorse ET	Risorse AQ	Emissioni AQ	Emissioni AR	Emissioni OD	Emissioni Ri	Emissioni Ru	%
Arrivo e scarico frutta fresca	A.1	1	0	1	1	1	0	1	1	9%
Lavaggio e cernita	A.4, A.2	1	0	3	2	0	0	1	0	10%
Preparazione zucchero, acidi e pectine	B,2	1	0	1	0	0	0	1	0	4%
Operazioni preliminari (denocciolatura, pelatura, detorsolatura, ecc.)	A.2, A.3, B.1	3	2	2	3	1	0	3	1	22%
Depallett.		1	0	0	0	0	0	0	0	1%
scottatura	E.2	1	2	1	2	0	0	1	0	10%
Triturazione, taglio	B.1	2	0	1	1	0	0	1	0	7%
cottura	E.3	0	4	0	2	2	0	0	0	12%
Miscelazione ingredienti	B.2, D.7	1	0	1	0	0	0	0	0	3%
raffreddamento a 90 °C										
Lavaggio		1	2	1	1	1	0	0	2	12%
Riempimento	H.1	1	0	0	1	0	0	0	0	3%
Raffreddamento	G.1	1	0	2	1	0	0	0	0	6%
Magazzinaggio		1	0	0	0	0	0	0	0	1%
		22%	14%	19%	20%	7%	0%	12%	6%	

Succhi, nettari e polpe di frutta in bottiglia

Risorse			Emissioni					
EE	ET	AQ	AQ	AR	OD	Ri	Ru	
1	0	3	3	2	1	2	2	16%
1	0	3	3	0	0	2	0	10%
1	0	1	1	0	0	3	0	7%
2	2	1	3	0	0	3	0	13%
1	3	1	3	1	0	1	0	12%
								0%
2	2	1	1	0	0	3	0	10%
1	0	1	1	0	0	1	0	5%
2	0	2	1	0	0	0	0	6%
0	1	0	0	0	0	0	0	1%
1	3	1	1	1	0	0	0	8%
1	1	2	1	1	0	0	0	7%
1	0	2	1	0	0	0	0	5%
1	0	0	0	0	0	0	0	1%
17%	14%	21%	22%	6%	0%	17%	2%	

Succhi e polpe in asettico da frutta fresca

Risorse			Emissioni					
EE	ET	AQ	AQ	AR	OD	Ri	Ru	
1	0	3	3	2	1	2	2	**22%**
1	0	3	3	0	0	2	0	**14%**
1	0	1	1	0	0	3	0	**10%**
2	2	1	3	0	0	3	0	**17%**
1	0	0	0	0	0	2	1	**6%**
1	3	1	3	1	0	1	0	**16%**
2	2	1	1	0	0	3	0	**14%**
2	0	2	1	0	0	0	0	**8%**
2	3	1	1	1	0	0	0	**13%**
1	0	0	0	0	0	0	0	**2%**
22%	16%	21%	25%	6%	2%	25%	5%	

Fase	Risorse EE	Risorse ET	Risorse AQ	Emissioni AQ	Emissioni AR	Emissioni OD	Emissioni Ri	Emissioni Ru	
Arrivo e scarico frutta fresca	1	0	1	1	1	0	1	1	8%
Lavaggio e cernita	1	0	3	2	0	0	1	0	9%
Preparazione zucchero, acidi e pectine	1	0	1	0	0	0	1	0	4%
Operazioni preliminari	3	2	2	3	1	0	3	1	20%
Depallett.	1	0	0	0	0	0	0	0	1%
scottatura	1	2	1	2	0	0	1	0	9%
Triturazione, taglio, passatura	2	0	1	1	0	0	1	0	7%
concentrazione sotto vuoto	2	3	2	2	2	0	0	0	15%
Miscelazione ingredienti	1	0	1	0	0	0	0	0	3%
riscaldamento a 90 °C	1	1	0	1	0	0	0	0	4%
Lavaggio	1	2	1	1	1	0	0	2	11%
Riempimento	1	0	0	1	0	0	0	0	3%
Raffreddamento	1	0	2	1	0	0	0	0	5%
Magazzinaggio	1	0	0	0	0	0	0	0	1%
	24%	13%	20%	20%	7%	0%	11%	5%	

Risorse			Emissioni					
EE	ET	AQ	AQ	AR	OD	Ri	Ru	
1	0	3	3	2	1	2	2	18%
1	0	3	3	0	0	2	0	11%
1	0	1	1	0	0	3	0	8%
2	3	2	3	1	0	3	0	18%
1	1	2	1	0	0	1	0	8%
2	2	1	1	1	0	1	0	10%
1	0	1	1	0	0	1	0	5%
2	0	2	1	0	0	0	0	6%
0	1	0	0	0	0	0	0	1%
1	1	0	0	0	0	1	0	4%
1	3	1	0	1	0	0	0	8%
1	0	2	1	0	0	0	0	5%
1	0	0	0	0	0	0	0	1%
19%	14%	23%	19%	6%	0%	18%	3%	

	Risorse			Emissioni					
	EE	ET	AQ	AQ	AR	OD	Ri	Ru	
Arrivo e scarico semilavorato (A.1)	1	0	3	3	2	1	2	2	18%
stoccaggio (A.1)	1	0	3	3	0	0	2	0	11%
Dissalatura/scongelamento (A.4)	1	0	1	1	0	0	3	0	8%
eventuali operazioni specifiche (A.3)	2	3	2	3	1	0	3	0	18%
Lavaggio	1	1	2	1	0	0	1	0	8%
scottatura (E.2)	2	2	1	1	1	0	1	0	10%
Preparazione liquido di copertura (D.2)	1	0	1	1	0	0	1	0	5%
raffreddamento e risciacquo (A.5)	2	0	2	1	0	0	0	0	6%
Riscaldamento (E.8)	0	1	0	0	0	0	0	0	1%
confezionamento con aggiunta di liquido di copertura (H.1)	1	1	0	0	0	0	1	0	4%
Trattamento termico di stabilizzazione (E.8)	1	3	1	0	1	0	0	0	8%
raffreddamento (G.1)	1	0	2	1	0	0	0	0	5%
magazzinaggio	1	0	0	0	0	0	0	0	1%
	19%	14%	23%	19%	6%	0%	18%	3%	

Succhi, passati e concentrati di pomodoro in asettico

Fase		Risorse			Emissioni					
		EE	ET	AQ	AQ	AR	OD	Ri	Ru	
Arrivo materia prima	A.1	1	0	3	3	2	1	2	2	18%
lavaggio e cernita	A.4, A.2	1	0	3	3	0	0	2	0	12%
triturazione	B.1	2	2	1	3	0	0	3	0	14%
scottatura	E.2	1	3	1	3	1	0	1	0	13%
										0%
raffinazione e estrazione del succo	B.1	2	1	1	1	0	0	3	0	11%
Concentrazione (per passati e concentrati)	F.1	2	4	4	1	3	0	0	2	21%
trattamento di stabilizzazione asettico	H.1	2	3	1	1	1	0	0	0	11%
magazzinaggio		1	0	0	0	0	0	0	0	1%
		16%	17%	18%	20%	9%	0%	14%	5%	

Succhi, passati e concentrati di pomodoro in scatola o bottiglia

Fase		Risorse			Emissioni					
		EE	ET	AQ	AQ	AR	OD	Ri	Ru	
Arrivo materia prima	A.1	1	0	3	3	2	1	2	2	16%
lavaggio e cernita	A.4, A.2	1	0	3	3	0	0	2	0	10%
triturazione	B.1	2	2	1	3	0	0	3	0	13%
scottatura	E.2	1	3	1	3	1	0	1	0	12%
										0%
raffinazione e estrazione del succo	B.1	2	1	1	1	0	0	3	0	9%
Concentrazione (per passati e concentrati)	F.1	2	4	4	1	3	0	0	2	19%
confezionamento a caldo	H.1	1	3	1	1	1	0	0	0	8%
trattamento termico di pastorizzazione supplementare per i contenitori	E.8	1	1	2	1	1	0	0	0	7%
Raffreddamento	G.1	1	0	2	1	0	0	0	0	5%
magazzinaggio		1	0	0	0	0	0	0	0	1%
		15%	16%	21%	20%	9%	1%	13%	5%	

Vegetali surgelati

Fase		Risorse			Emissioni					
		EE	ET	AQ	AQ	AR	OD	Ri	Ru	
Arrivo e scarico materia prima	A.1	1	0	1	1	1	0	1	1	10%
Imballaggi		1	0	1	1	1	0	1	1	
Pulizia, calibratura, lavaggio e cernita	A.4, A.2	1	0	1	1	0	0	2	1	10%
										0%
Operazioni preliminari (taglio, pelatura, ecc.)	B.1	3	2	2	3	1	0	3	1	26%
Depallett. o formatura		1	0	0	0	0	0	0	0	2%
scottatura	E.2	1	2	1	2	0	0	1	0	12%
raffreddamento e risciacquo	A.5	0	0	1	0	0	0	0	0	2%
		1	2	1	1	1	0	0	2	14%
Surgelazione	G.2	3	0	0	0	0	0	0	0	5%
Dosaggio, confezionamento	H.1	1	0	0	0	0	0	1	0	3%
Magazzinaggio in cella -30°C	U.5	3	0	0	0	0	0	0	0	5%
		28%	10%	14%	16%	7%	0%	16%	10%	

Vegetali essiccati

Fase		Risorse			Emissioni					
		EE	ET	AQ	AQ	AR	OD	Ri	Ru	
Arrivo e scarico materia prima	A.1	1	0	1	1	1	0	1	1	11%
Imballaggi		1	0	1	1	1	0	1	1	
Pulizia, calibratura, lavaggio e cernita	A.4, A.2	1	0	1	1	0	0	2	1	11%
Operazioni preliminari (taglio, pelatura, ecc.)	B.1	3	2	2	3	1	0	3	1	28%
Depallett. o formatura		1	0	0	0	0	0	0	0	2%
scottatura	E.2	1	2	1	2	0	0	1	0	13%
raffreddamento e risciacquo	A.5	0	0	1	0	0	0	0	0	2%
Disidratazione	F.3	3	2	0	0	2	1	1	1	19%
Dosaggio, confezionamento	H.1	1	0	0	0	0	0	1	0	4%
Magazzinaggio		0	0	0	0	0	0	0	0	0%
		23%	11%	13%	15%	9%	0%	19%	9%	

Descrizione delle operazioni rilevanti ai fini dell'IPPC.

Conferimento e accettazione (A.1)
La materia prima fresca viene conferita agli stabilimenti in uno dei seguenti modi:

- cassette o cassoni di plastica pallettizzati, caricati direttamente su autotreni o carri agricoli;
- alla rinfusa in automezzi idonei di varia capacità.

La materia prima semilavorata (vegetali in salamoia acidificata a pH <4,5 a medio o basso contenuto salino oppure vegetali in salamoia acidificata a pH <4,5 e/o ad alto contenuto salino) viene normalmente conferita in fusti di plastica ad uso alimentare (circa 200 kg).

Scarico (A.1)
Lo scarico dei pallets di cassoni o fusti di semilavorato avviene, generalmente, a mezzo carrelli elevatori che depositano i contenitori nel piazzale di sosta.
Lo scarico di vegetali alla rinfusa avviene per via idraulica, impiegando acqua già utilizzata per altri scopi e ricircolata previa filtrazione.

Lavaggio e cernita (A.4, A.2)
Le materie prime conferite alla fabbrica devono essere sottoposte inizialmente ad una adeguata pulizia (a secco per ventilazione o, più comunemente, in acqua) e successivamente ad una cernita, consentendo di eliminare materiale estraneo, vegetale od inerte, e parti di prodotto alterate, o comunque non idonee alla trasformazione in sostanze alimentari. Queste operazioni devono sempre essere seguite da un adeguato risciacquo con acqua potabile.

Cernita e calibratura (A.2)
La cernita ha lo scopo di eliminare il prodotto che presenti alterazioni di tipo microbico (marciume e/o ammuffimento) e/o che risulti in qualche modo danneggiato per lesioni meccaniche. A tutt'oggi non esistono valide alternative all'esame visivo e allo scarto manuale; esistono cernitrici ottiche che operano sulla base di bande di colore selezionabili e che, pertanto, possono servire ad eliminare prodotti differenziabili in base al colore. Una particolare attenzione deve essere posta nel disporre l'illuminazione dei nastri di cernita; essa deve essere abbondante ma diffusa e le lampade non devono costituire causa di affaticamento per gli occhi degli operatori. Ai lati dei nastri di cernita, in posizione particolarmente comoda, devono scorrere i nastri di allontanamento del materiale scartato: sono da evitare i sistemi di raccolta in cassette o in contenitori che non vengano regolarmente allontanati e sostituiti.
La calibratura ha lo scopo di separare la materia prima in base alla pezzatura. L'omogeneità delle dimensioni favorisce l'uniformità delle operazioni successive (taglio, pelatura, scottatura, sterilizzazione) con ottenimento di un prodotto finito di qualità più uniforme e quindi migliore. Le macchine si differenziano in base al prodotto e alle dimensioni dei pezzi e si possono avere cilindri rotanti inclinati, forati o a barre parallele, setacci vibranti e calibratori a rulli rotanti divergenti.

Operazioni di preparazione
Preparazioni meccaniche (B.1)
Le materie prime necessitano quasi sempre di operazioni meccaniche di preparazione, atte alla produzione della specifica conserva; le operazioni possono essere di vario tipo: sbaccellatura (ormai quasi sempre effettuata in campo e comunque da effettuarsi prima del lavaggio), pelatura, taglio, detorsolatura, denocciolatura eccetera.

Nel caso si debbano effettuare tagli, triturazioni o altro, sono disponibili apposite taglierine per dare ai prodotti finiti determinate forme.
Tutte le operazioni preliminari devono essere effettuate tenendo presente che devono servire non solo a conferire al prodotto la migliore presentazione possibile, ma soprattutto a garantire l'eliminazione di parti indesiderate. Il materiale di scarto deve essere allontanato quanto prima dalle zone di produzione e non costituire fonte di contaminazione microbica, evitando la possibilità di contaminazioni crociate.

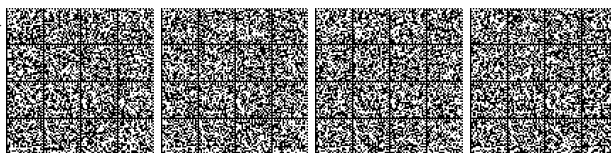
Pelatura (A.3)

Per la pelatura si possono usare sistemi meccanici (mele, pere, carote, patate, pomodori), termici con (pesche, pere, carote, patate) o senza (pomodori) aggiunta di sostanze alcaline. La pelatura delle patate, delle carote e delle parti ipogee in generale viene effettuata con pelatrici abrasive, per piccole potenzialità e con pelatrici a vapore per grandi potenzialità; queste ultime effettuano una scottatura a vapore ad alta pressione (con temperature superficiali di circa 150°C); in tal modo l'acqua contenuta nelle cellule sottobuccia si surriscalda e successivamente, se si riportano le condizioni a pressioni più ridotte o alla pressione atmosferica mediante connessione con un sistema sottovuoto o mediante getti d'acqua fredda che condensa il vapore, l'acqua surriscaldata evapora determinando l'esplosione e il conseguente distacco della buccia. Le pelatrici che operano senza l'intervento del raffreddamento ad acqua consentono di ridurre le perdite e di diminuire il carico organico conseguente che si ritroverà poi a livello di impianto di depurazione degli effluenti idrici. Per i pomodori la pelatura viene effettuata o mediante pelatrici meccaniche o mediante pelatrici a salto di pressione operanti a pressioni e temperature più basse rispetto a quelle indicate per le pelatrici di tuberi (1,5 - 3 bar e sino a 120°C). Anche in questo caso assumono una particolare importanza le modalità di riduzione della temperatura: da evitare, per gli aspetti economici relativi (in termini di minor resa e di maggior onere di depurazione) i raffreddamenti ad acqua.
Per la pelatura della frutta sono utilizzati sistemi chimici (pesche e talvolta mele e pere) o meccanici. La concentrazione della soda varia dall'1-2% per le pesche al 10% per le mele. Il successivo risciacquo viene effettuato con una soluzione allo 0,5% di acido citrico. La pelatura a soda garantisce un aspetto del frutto più gradevole, ma determina un pesante onere di trattamento depurativo sia per la necessità di neutralizzazione delle sostanze chimiche sia per il grado di inquinamento organico decisamente superiore rispetto ad una pelatura meccanica (2-3 volte).

Altre operazioni (D.4, D.7, D.1)

Per alcuni ortaggi è prevista una fermentazione controllata (lattica o acetica) che hanno lo scopo di conferire ai vegetali opportune caratteristiche chimiche (pH), fisiche (consistenza, colore, aspetto) e organolettiche (deamarazione).
Nel caso dei legumi secchi (fagioli, ceci, lenticchie, piselli) è prevista una parziale reidratazione, che deve essere effettuata con acqua di durezza appropriata (non troppo elevata per evitare un eccessivo indurimento, né troppo addolcita per non incorrere nel difetto contrario di un rammollimento e di una perdita di sostanze amidacee che intorbidirebbero il liquido di governo).

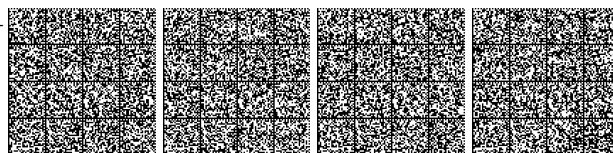
Scottatura o blanching (E.2) - Raffreddamento (A.5)

Ha lo scopo principalmente di inattivare alcuni enzimi responsabili delle reazioni di imbrunimento e di rammollimento dei tessuti; serve anche a "degassificare" i tessuti al fine di prevenire le reazioni chimiche di ossidazione. E' indispensabile per la frutta bianca e per gli ortaggi verdi. Tempi e temperature devono essere fissati in base al tipo di vegetale e allo scopo della scottatura. Al termine, i vegetali scottati devono essere risciacquati con acqua

fredda potabile, che ha lo scopo di raffreddarli e di effettuare un'ulteriore pulizia da materiale di sfrido.
Per i succhi di pomodoro e di frutta, la fase di scottatura risulta determinante ai fini del mantenimento massimo delle caratteristiche di consistenza del frutto fresco: se il triturato viene riscaldato in poche decine di secondi a temperature superiori ai 90°C si ha la completa inattivazione enzimatica degli enzimi responsabili della fluidificazione del prodotto (pectolitici) e quindi si ottengono prodotti ad elevata consistenza. La scottatura è indispensabile per la frutta chiara (mele e pesche soprattutto) per evitare imbrunimenti.

Desalatura (A.5)
Quando i vegetali semilavorati mantenuti nelle salamoie forti e destinati alla produzione di sottoli, sottaceti e simili vengono tolti dai magazzini ed avviati ai trattamenti finali ed alla confezione, devono anzitutto essere riportati in condizioni di commestibilità, eliminando l'eccesso di sale che contengono. Questa operazione va fatta accuratamente per evitare tutte le alterazioni che il prodotto può subire nel periodo in cui resta privato del suo mezzo protettivo. In genere la desalatura si effettua estraendo i vegetali dalle salamoie di conservazione e mettendoli in vasche con acqua che viene cambiata varie volte ad intervalli diversi in funzione della velocità con cui si vuol portare a termine il trattamento. Quali fattori acceleranti possono essere impiegati un moderato riscaldamento dell'acqua (al quale peraltro molti sono contrari in quanto esso diminuisce la qualità del vegetale ed aumenta i rischi di deterioramento batteriologico) e l'agitazione con aria compressa o con mezzi meccanici. Dove esiste forte disponibilità di acqua, viene di solito preferito il risciacquo con acqua corrente.

Concentrazione (F.1)
La concentrazione (limitata al pomodoro, mela e agrumi, viene effettuata generalmente per evaporazione (molto meno frequentemente e solo per bassi valori di concentrazione mediante trattamenti con membrane) in impianti continui a multiplo effetto di grandi potenzialità.

Operazioni particolari per i succhi di frutta
La disaerazione **(F.1)** dei succhi di frutta ha la funzione di eliminare, per quanto possibile, l'aria, naturalmente presente nel prodotto o inglobata durante le fasi di estrazione e raffinazione del succo. Viene generalmente effettuata spruzzando la purea, preventivamente riscaldata a circa 50-60 °C, sotto forma di goccioline in una camera sotto vuoto (50 mmHg).
L'omogeneizzazione **(B.2)** ha la funzione di evitare il fenomeno della sineresi, cioè della sedimentazione della parte insolubile e di separazione del siero limpido. E' indispensabile per i nettari e per i succhi da concentrato; Può risultare utile anche nei succhi da frutta fresca, soprattutto se il grado di raffinazione è modesto e se la frazione insolubile è particolarmente elevata.

Acidificazione (D.4 e/o D.7)
Per i vegetali interi, o tagliati nei vari modi, e destinati alla produzione di sottoli, sottaceti e simili, questa operazione viene normalmente effettuata a caldo immergendoli in soluzioni contenenti aceto e/o correttori di acidità; il pH finale deve avere valori inferiori a 4,5; questi valori debbono essere raggiunti nel centro dei pezzi di vegetale. Il tempo necessario varia notevolmente secondo il tipo di prodotto e le sue dimensioni. L'acidificazione può anche essere effettuata a freddo (marinatura); rispetto all'operazione eseguita a caldo, a parità di altre condizioni, sono necessari tempi molto più lunghi (diverse ore). Le salse vengono invece acidificate aggiungendovi direttamente aceto e/o correttori di acidità; anche in questo caso il pH finale deve essere inferiore a 4,5.

Abbassamento dell'a$_w$ (D.7)
Sempre per i vegetali destinati alla produzione di sottoli, sottaceti e simili può essere richiesto un 'abbassamento dell'a$_w$, che può essere ottenuto o introducendo nel prodotto ingredienti che possono sequestrare l'acqua libera (ad es. sale) o allontanando l'acqua stessa (trattamento con salamoie concentrate, parziale essiccazione in forno). Per inibire in ogni caso lo sviluppo di microorganismi patogeni è necessario raggiungere valori di a$_w$ inferiori a 0,86.

Sgrondatura/Centrifugazione (C.3)
Se il vegetale deve essere confezionato sott'olio, è necessario allontanare il più possibile il liquido di scottatura e/o acidificazione. Ciò può essere fatto mediante apposite centrifughe. È necessario porre particolare attenzione a certi tipi di vegetale (carciofi, cipolle) nei quali il liquido è più difficoltoso da allontanare in quanto esso si trova non solo sulla superficie esterna, ma anche negli interstizi caratteristici della struttura.

Condizionamento.
Riempimento (H.1)
Il liquido di copertura può essere una soluzione leggera di acido citrico (0,1-0,2%) per le conserve dette al naturale o uno sciroppo zuccherino (saccarosio, destrosio, galattosio o sciroppi di glucosio, da soli o in miscela) che vengono aggiunti caldi (90 °C) al fine di eliminare aria inglobata fra i pezzi di frutta e migliorare le condizioni di trattamento termico e ridurre gli effetti di corrosione o di imbrunimento ossidativo. Generalmente gli sciroppi zuccherini hanno una concentrazione vicina al 40% p/p. Nel caso di mele in fette destinate alla rilavorazione (industria dolciaria) si possono preparare conserve con pochissimo liquido di copertura (solid-pack), che prevedono la necessità di un preriscaldamento a circa 90°C e un riempimento a caldo.
Generalmente le conserve di ortaggi sono confezionate con aggiunta di una salamoia leggera (2-3% di sale da cucina) che ha solo uno scopo di migliorare l'appetibilità della conserva. Trattandosi di conserve a bassa acidità è indispensabile effettuare la sterilizzazione in autoclave (generalmente a 116 o 121°C). Ai pomodori pelati e alle polpe si preferisce aggiungere succo di pomodoro leggermente evaporato. Prima della chiusura delle confezioni è necessario eliminare quanto più possibile l'aria trattenuta fra i pomodori: a questo scopo è importante che il succo sia aggiunto alla temperatura più alta possibile e che venga effettuata la disaerazione (in exhauster o mediante colmatura sotto vuoto). L'aria (e quindi l'ossigeno) che rimane nella scatola riduce la vita media della confezione a causa delle reazioni di ossidazione delle sostanze e della degradazione delle caratteristiche organolettiche più suscettibili (vitamine, aromi, pigmenti, colore) e accelera le reazioni di corrosione del contenitore metallico. Queste operazioni vengono generalmente eseguite automaticamente da una riempitrice volumetrica, una colmatrice sottovuoto e una aggraffatrice (scatole) o capsulatrice (vasi e bottiglie). Per i sottaceti, le salamoie usate per la colmatura che, secondo il tipo di conserva, possono contenere oltre al sale anche aceto e/o correttori di acidità sono preparate in speciali solutori; le salse vengono approntate in speciali miscelatori.
Escludendo i prodotti allo stato di succo, polpa o pasta (succhi vegetali, polpe di frutta e di pomodoro, marmellate, confetture e gelatine e concentrati di pomodoro), che sono stabilizzati termicamente prima del confezionamento, tutti gli altri prodotti (in pezzi o interi) sono inviati al confezionamento (scatola in banda stagnata, tin free steel o alluminio, vaso di vetro), quasi sempre con un liquido (detto "di governo") che può essere un succo (pomodori pelati), uno sciroppo più o meno leggero (frutta all'acqua e/o allo sciroppo) o una salamoia leggera (ortaggi) o concentrata (ortaggi semilavorati). In alcuni casi, nel liquido aggiunto, possono essere sciolte, in quantità adeguate alla necessità, gli eventuali prodotti acidificanti previsti dalle norme specifiche.

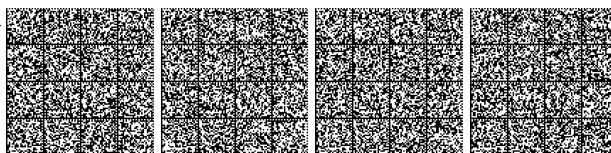
Trattamento termico di stabilizzazione (E.8)

Scopo dei processi di sterilizzazione termica è la stabilizzazione microbiologica ed enzimatica degli alimenti, così da permetterne il consumo differito. Il primo obiettivo da perseguire è la salvaguardia della salubrità dei prodotti, operando contemporaneamente alla ricerca della massima ritenzione delle proprietà nutritive e organolettiche delle materie prime utilizzate.

Per i prodotti che possono conseguire la completa stabilizzazione microbiologica con trattamenti a temperature non superiori a 100°C, la sterilizzazione (che in questo caso è chiamata generalmente pastorizzazione) può essere effettuata in impianti che operano con acqua o vapore a pressione atmosferica. L'impianto a bassa temperatura più tradizionale è rappresentato dai bagni aperti (bagnomaria): vasche metalliche di forma cilindrica o parallelepipeda, contenenti acqua riscaldata per iniezione diretta di vapore attraverso un distributore posto sul fondo. Queste vasche non sono in genere attrezzate con termoregolatori automatici; la temperatura di esercizio è quella di ebollizione dell'acqua alla pressione atmosferica con un flusso continuo di vapore in eccesso sia per rendere chiaramente visibile l'ebollizione sia per evitare la stratificazione di acqua meno calda sul fondo. Le confezioni da sterilizzare sono caricate in cestoni; questi, per mezzo di paranchi, sono immersi nell'acqua dei bagni e trattati all'ebollizione per il tempo stabilito. Il raffreddamento non avviene in genere nella stessa vasca di sterilizzazione (che così è pronta per ricevere un nuovo carico) bensì in un altra vasca contenente acqua fredda corrente.

Per i prodotti confezionati in contenitori di vetro si impiegano tunnel lineari a semplice traslazione comprendenti le fasi di alimentazione, preriscaldamento, riscaldamento, pre – raffreddamento, raffreddamento ed asciugatura. Come mezzo di riscaldamento viene impiegato vapore saturo secco oppure acqua calda che investe dall'alto le confezioni mediante una serie di ugelli o per semplice percolazione da cielo forato; l'acqua viene poi recuperata in vasche di riciclo attrezzate con riscaldamento diretto o indiretto a vapore. Anche il raffreddamento è effettuato mediante aspersione con acqua (nella zona di pre - raffreddamento quest'acqua è parzialmente riciclata cosi' da mantenerla a circa 60°C). L'asciugamento, indispensabile per evitare macchie sulle capsule e soprattutto per consentire di effettuare l'etichettatura ed il confezionamento secondario in linea, è ottenuto con soffiatrici di aria fredda o calda.

Per la sterilizzazione di prodotti a bassa acidità, per i quali è necessario arrivare a temperature maggiori di 100°C, possono essere impiegati diversi mezzi riscaldanti; tuttavia quelli prevalentemente utilizzati industrialmente sono il vapore saturo secco e l'acqua, riscaldata con iniezione diretta di vapore. In alcuni casi, le caratteristiche del contenitore o quelle del prodotto confezionato richiedono in fase di sterilizzazione l'applicazione di una sovrapressione più o meno grande per controbilanciare quella esercitata dall'aria contenuta nelle confezioni. Tutti gli sterilizzatori ad alta temperatura, fatta eccezione per alcuni di tipo particolare, funzionano a pressione superiore a quella atmosferica. Un esempio di sterilizzatore discontinuo statico è dato dalle autoclavi statiche di tipo tradizionale che possono essere verticali o orizzontali e funzionare a vapore o ad acqua - vapore con contropressione d'aria.

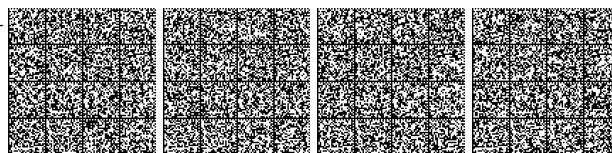
Per prodotti quali succhi di frutta, succhi vegetali, passati e concentrati di pomodoro, confetture, marmellate e gelatine, cioè prodotti acidi in unica fase, o contenenti solidi di dimensioni ridotte, si può usare il confezionamento a caldo. Il basso pH e/o il basso valore di a_w consentono di effettuare il trattamento termico di stabilizzazione prima del confezionamento; in questo modo, molto spesso e soprattutto nel caso di confezioni di capacità superiori al kg, è lo stesso prodotto caldo che determina la sterilizzazione del contenitore (metallico o in vetro) per inerzia termica e la sola necessità rimane quella di trattare le superfici che non sono state adeguatamente riscaldate (capsule e colli delle bottiglie, coperchi di piccole confezioni, ecc.). Il problema maggiore è quello di garantire che

il confezionamento e la chiusura ermetica del contenitore avvengano prima che il prodotto si raffreddi, perdendo così la sua funzione di agente di trattamento termico. Le temperature di riempimento debbono essere mantenute fra gli 85 e i 92°C.
In tutti i casi il successivo raffreddamento deve essere effettuato con acqua clorata.
Il confezionamento asettico, infine, è la tecnica con la quale è possibile trasferire in un contenitore sterile un prodotto presterilizzato termicamente, in condizioni di assoluta protezione da contaminazioni. In pratica si tratta di un abbinamento di impianti di sterilizzazione del prodotto (termica) e del contenitore (di vario tipo) con un sistema isolato di riempimento e chiusura delle confezioni. Il confezionamento asettico dei prodotti fluidi comporta la seguente sequenza di operazioni: riscaldamento ai livelli di temperatura prefissati; passaggio in una sezione di sosta termica (holding); raffreddamento ad una temperatura di circa 35°C; riempimento della confezione presterilizzata, aperta e mantenuta in condizioni di perfetta asepsi; chiusura della confezione. Il contenitore può essere del tipo metallico fisso o carrellabile (cisterne di diversa capacità), flessibile preformato (sacco di accoppiato plastico trasparente o con foglio di alluminio, contenitore di accoppiato plastica-alluminio-cartone), flessibile da bobina di accoppiato di vario tipo. Si stanno diffondendo anche confezioni di piccolo formato rigide (vasetti o scatole).
La scelta dello scambiatore di calore dipende dalle caratteristiche reologiche del fluido (tubolari del tipo a corona circolare o tubo-in tubo-in tubo per i prodotti a valori elevati di Re e a superficie raschiata o a piastre per prodotti a basso valore di Re). Le caratteristiche reologiche influenzano anche i gruppi di sosta e i conseguenti tempi di permanenza.
In presenza di particelle solide di dimensioni importanti, la trasmissione del calore avviene secondo modalità diverse nel liquido (convezione) e nel solido (conduzione) con il risultato di avere una grande difficoltà di controllo della temperatura raggiunta all'interno del pezzo.
I sistemi oggi utilizzati nel caso di prodotti in pezzi possono prevedere la miscelazione delle due fasi e quindi il trattamento contemporaneo della miscela solido/liquido (sistema UHT o HTST) oppure un trattamento separato e differenziato per le due fasi e la loro miscelazione in fase di confezionamento. Per i prodotti eterogenei si usano scambiatori tubolari tubo in tubo o a superficie raschiata.

Surgelazione (G.2)

La surgelazione è un processo tecnologico attraverso il quale, abbassando la temperatura di un prodotto (a – 18°C o al di sotto), si mantengono le sue caratteristiche nutritive ed organolettiche senza l'aggiunta di additivi e conservanti e si blocca la proliferazione batterica.
L'operazione deve essere condotta in modo rapido, sia per abbreviare il tempo durante il quale il prodotto risulta esposto alla contaminazione batterica sia per evitare la formazione dei cristalli di grande dimensione che danneggiano meccanicamente le strutture cellulari.
I prodotti surgelati si possono conservare lungamente, perchè la surgelazione ne stabilizza in modo rapido e permanente i tessuti, sottraendoli al disfacimento per ultramaturazione, alla demolizione delle riserve per attività respiratoria ed alla marcescenza conseguente allo sviluppo di parassiti fungini.
La velocità di surgelazione può variare,anche notevolmente a seconda della natura del prodotto, delle dimensioni dei pezzi da surgelare e dal tipo di surgelazione.
Tra i principali sistemi utilizzati per la surgelazione si ricordano i seguenti.

<u>Surgelazione *per mezzo di aria*</u>

Tunnel di surgelazione

Il prodotto da surgelare avanza su un nastro trasportatore perforato in controcorrente con l'aria raffreddata a – 30°/-45°C e con una velocità che può raggiungere i 30 km/h. Questi impianti vengono impiegati per esempio per la surgelazione dei filetti di merluzzo o delle patate fritte. La durata di congelamento è di 20-30 minuti.

Surgelatore a letto fluido
Quando il prodotto da congelare è costituito da parti relativamente piccole in uno strato di circa 15 cm di spessore, è sufficiente fare passare l'aria fredda, dal basso all'alto, ad una velocità lineare superiore ai 6 km/h perchè il prodotto venga sollevato, agitato e <fluidificato>. Piselli, fagiolini tagliati, patate fritte, fragole, scampi, filetti di pesce, possono venire così surgelati in 6-15 min in aria a temperatura inf. o uguale a – 35°C. Nel letto fluido ogni pezzo è, per tutta la superficie, in contatto intimo con l'aria che lo circonda ed è per ciò che questo metodo di surgelare è stato chiamato "Individual Quick Freezing" (IQF), ovvero surgelazione rapida individuale.

<u>Surgelazione *per contatto indiretto*</u>
Il prodotto, confezionato o no, è surgelato mediante il contatto con una superficie metallica mantenuta fredda dalla circolazione di un fluido refrigerante (salamoia, ammoniaca,, ecc.). Nel caso dell'ammoniaca, gli apparecchi sono concepiti in modo che l'ammoniaca liquida evapori a contatto con la piastra, che costituisce così l'evaporatore.
Surgelatori a piastre
Il prodotto da surgelare viene compreso tra due piastre metalliche, disposte orizzontalmente o verticalmente. Ogni piastra, o più esattamente ogni elemento refrigerante, è costituito da due fogli di metallo formanti una sorta di recipiente di piccolissimo spessore, all'interno del quale circola un fluido refrigerante. Il surgelamento di un prodotto di 5 cm di spessore esige circa 2 ore, o più se vi è molta aria tra il prodotto e l'imballaggio.

<u>Surgelazione *per contatto diretto con un fluido refrigerante (diverso dall'aria)*</u>
A causa del contatto con l'alimento, il fluido deve presentare diverse proprietà: assenza di tossicità, assenza di odore e di sapore, bassa penetrazione nell'alimento, assenza di reattività verso quest'ultimo, bassa viscosità, elevata capacità termica, bassa corrosività a contatto con l'apparecchiatura.
Liquidi criogenici a bassissimo punto di ebollizione
L'alimento viene surgelato per contatto diretto con un liquido la cui evaporazione assicura l'azione refrigerante. Si impiega soprattutto azoto liquido e l'effetto refrigerante si ottiene con iniezioni di azoto gassoso (perchè l'immersione rischia di provocare fratture) al di sopra del nastro trasportatore. Nella prima parte del percorso del nastro il prodotto si raffredda fino a – 1°C, successivamente la superficie del prodotto viene portata intorno a circa –45°C mediante polverizzazione di azoto liquido ed infine il prodotto viene poi trasportato in una zona dove avviene una equilibratura di temperatura tra la superficie e l'interno del prodotto. La temperatura si stabilizza intorno ai –20°C. La durata della surgelazione varia di 5 ai 20 minuti dipendentemente dal prodotto trattato.

Emissioni e consumi dell'industria delle conserve vegetali.

In questo paragrafo vengono definiti gli indicatori ambientali più significativi nel settore della produzione di conserve vegetali.
Nell'analisi sono stati presi in considerazione quelli che caratterizzano le emissioni delle lavorazioni che possono avere capacità dell'ordine di grandezza previsto dalla soglie di applicabilità della Direttiva Comunitaria..
Le tabelle seguenti mostrano dati rappresentativi del segmento produttivo e non necessariamente coincidono con la singola realtà aziendale.
Gli indicatori sono stati calcolati in base al rapporto esistente tra le quantità di ciascuna tipologia di effluenti e le quantità di prodotto finito in tonnellate.

a) passate e concentrati di pomodoro

I dati sono riferiti a 1 tdi doppio concentrato 28–30°Brix. Per altri prodotti si possono considerare i seguenti coefficienti di conversione:
Passata 7–12°Brix – moltiplicare per 0.3;
Concentrato semplice 20–22°Brix – moltiplicare per 0.7,
Triplo concentrato 36-40°Brix – moltiplicare per 1.3

ENERGIA

Energia elettrica	GJ/t	0,3 - 0,5
Energia termica	GJ/t	6,8 - 8,3

EMISSIONI IN ATMOSFERA

CO_2	kg/t	da 700 a 900
NOx	kg/t	n.d.

ACQUE

H_2O prelevata	m^3/t	da 130 a 180
H_2O scaricata	m^3/t	da 60 a 80
kwh $_{dep}$/t		da 16 a 20
kwh $_{dep}$/kg COD		da 1,4 a 2
Fanghi	kg/t	da 3 a 5 (secco); da 25 a 40 palabile
BOD_5	kg/t	da 6 a 7
COD	kg/t	da 10 a 12
Solidi sospesi	kg/t	da 2 a 4

RIFIUTI

rifiuti prodotti	kg/t	da 160 a 210
		da 180 a 250 (inclusi fanghi da impianto di depurazione acque)
percentuale quantità rifiuti recuperati/totale rifiuti prodotti:		20-30 %

Le principali tipologie di rifiuti avviati al recupero sono così costituite:

➢ da imballaggio

• Plastica

- Legno
- Metalli
- Vetro

➢ Altri rifiuti, compreso sottoprodotti

- cascami
- terra, sabbia, ciottoli

b) pomodori pelati interi e non interi

ENERGIA

Energia elettrica	MJ/t	60 - 90
Energia termica	GJ/t	2,2 - 2,5

EMISSIONI IN ATMOSFERA

CO_2	kg/t	da 200 a 220
NOx	kg/t	n.d.

ACQUE

H_2O prelevata	m^3/t	da 130 a 180
H_2O scaricata	m^3/t	da 60 a 80
kwh_{dep}/t		da 10 a 14
kwh_{dep}/kg COD		da 1,4 a 2
Fanghi	kg/t	da 4 a 6 (secco); da 30 a 50 palabile
BOD_5	kg/t	da 6 a 7
COD	kg/t	da 7 a 10
Solidi sospesi	kg/t	da 4 a 5

RIFIUTI

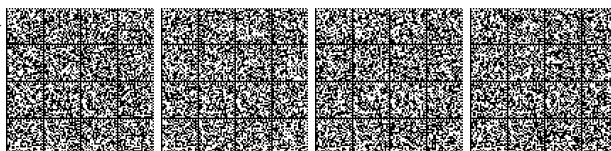
rifiuti prodotti	kg/t	da 60 a 210
		da 35 a 50 (inclusi fanghi da impianto di depurazione acque)
percentuale quantità rifiuti recuperati/totale rifiuti prodotti:		20-30 %

Le principali tipologie di rifiuti avviati al recupero sono così costituite:

➢ da imballaggio

- Plastica
- Cartone
- Metalli (Al)
- Vetro

➢ Altri rifiuti, compreso sottoprodotti

- Cascami
- Terra, sabbia, ciottoli

Industria delle materie grasse vegetali

E' necessario chiarire che data la ampia diversificazione di potenzialità degli impianti viene assunto come esempio di riferimento uno stabilimento del settore rispondente in termini dimensionali ai limiti minimi di applicazione fissati dalla diretta IPPC. La descrizione delle tecnologie utilizzate nei settori olio di oliva e olio di semi è raccolta in un unico capitolo poiché essi si diversificano nei processi di trattamento della materia prima (olio di oliva o semi oleosi) ma hanno in comune la fase centrale di processo (raffinazione). Verranno specificate le particolarità dei singoli settori.

L'industria delle materie grasse vegetali è costituita dai seguenti settori:

Olio di oliva

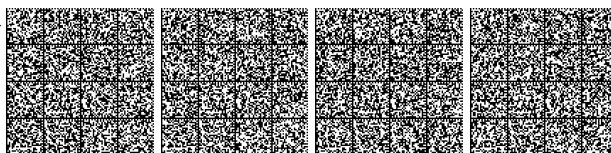
Il settore dell'industria dell'olio di oliva italiano è costituito da:
- 12 impianti che procedono alla raffinazione degli oli di oliva lampanti, aventi, cioè, una acidità superiore ai limiti di legge; detti impianti sono localizzati su tutto il territorio nazionale;
- circa 300 impianti che procedono al confezionamento degli oli. Di questi hanno carattere industriale circa venti ditte con marchi diffusi su tutto il territorio nazionale.

Gli addetti si aggirano intorno alle 2.000 unità (questo dato è, però, comprensivo anche della manodopera impiegata negli stabilimenti di estrazione dell'olio di oliva).
Per "olio di oliva" si intende il prodotto ottenuto dal frutto dell'olea europea. Esso è composto per il 98% circa di gliceridi, mentre il restante 2% circa è costituito da altri componenti di vario tipo naturalmente presenti nell'oliva ed alcuni aventi un ruolo fondamentale per le caratteristiche olfattive, gustative ed importanti per la stabilità e le qualità del prodotto.
Gli oli di oliva e gli oli di sansa di oliva sono classificati sulla base delle denominazioni e definizioni di cui all'allegato al Regolamento (CEE) n. 136/66 del 22 settembre 1966 e successive modifiche.
Sono considerati commestibili gli oli extra vergini, gli oli vergini e gli oli vergini correnti; peraltro, solo gli oli extra vergini e gli oli vergini possono essere commercializzati tal quali per il diretto consumo. Gli oli vergini correnti sono, invece, normalmente utilizzati in miscele con gli oli di oliva raffinati e con oli di sansa raffinati, mentre gli oli lampanti, aventi, cioè, una acidità superiore a 3,3 gradi devono essere preventivamente raffinati.

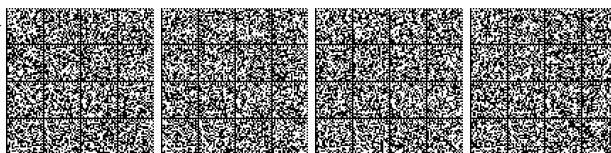
Olio di sansa di oliva

Il settore dell'olio di sansa di oliva è costituito in Italia da 45 impianti di estrazione di olio dalle sanse vergini localizzati nelle zone di produzione delle olive.
I sansifici lavorano le sanse vergini ottenute dalla estrazione dell'olio dalle olive. Dalla lavorazione delle sanse vergini, che viene effettuata mediante estrazione con solvente, si ottengono oli di sansa greggi che vengono ceduti alle raffinerie per essere, poi, destinati all'alimentazione e sanse esauste che vengono impiegate quasi esclusivamente come combustibile.
Gli oli di sansa raffinati vengono miscelati con oli vergini diversi dai lampanti e commercializzati sotto la denominazione "olio di sansa di oliva".

Olio da semi

Il settore degli oli da semi è costituito in Italia da 15 stabilimenti che effettuano la estrazione dell'olio dai semi oleosi nazionali o importati e da 18 stabilimenti che effettuano la raffinazione degli oli da semi greggi.
Gli addetti si aggirano intorno alle 1.500 unità.

Per "olio di semi" si intende il prodotto ottenuto dalla estrazione tramite solventi e/o spremitura dai semi oleosi. La sua composizione ha natura gliceridica per il 98% circa, mentre il restante 2% circa è costituito da altri componenti di varia natura tutti naturalmente presenti nel seme ed aventi alcuni un ruolo fondamentale per le caratteristiche olfattive e gustative, importanti per la stabilità e la qualità del prodotto.
La produzione e la commercializzazione degli oli di semi è disciplinata dalla Legge 27 gennaio 1968 n. 35.

Margarina e grassi da spalmare

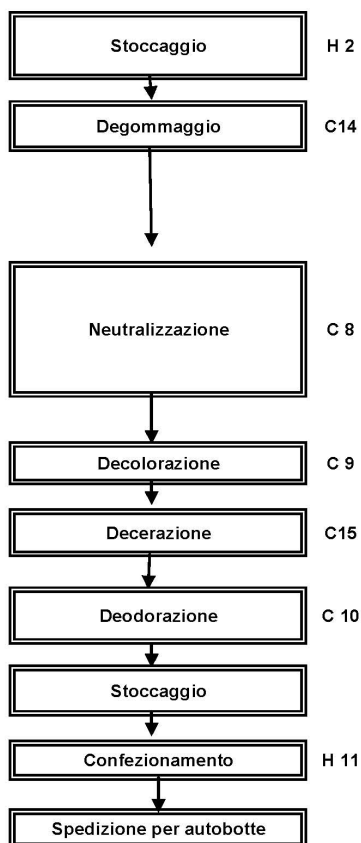
Il settore dell'industria della margarina è costituito da una quindicina di stabilimenti ubicati esclusivamente nel centro nord. La manodopera occupata nel settore si aggira intorno alle 700 unità.
La produzione supera le 80.000 tonnellate annue.
La produzione e il commercio della margarina sono disciplinate dal Regolamento (CE) n. 2991/94 del 14 dicembre 1994 relativo alle denominazioni e le definizioni del prodotto; a seconda della percentuale di materia grassa, la margarina si distingue in "comune", "a ridotto contenuto in grasso" e "a basso contenuto in grasso".

Processi e tecniche utilizzate

	Fasi del processo	Olio di oliva	Olio di sansa	Olio di semi	Grassi e margarine
A.1	Movimentazione, disimballo e magazzinaggio materie prime				
A.2	Cernita, pulizia				
B.2	Miscelazione, omogeneizzazione				
B.3	Spremitura				
B.4	Formatura, estrusione				
C.1	Estrazione				
C.3	Centrifugazione				
C.4	Filtrazione				
C.7	Cristallizzazione				
C.8	Neutralizzazione				
C.9	Decolorazione				
C.10	Deodorizzazione, desolventazione				
C.12	Distillazione				
C.14	Degommaggio				
C.15	Decorazione, winterizzazione				
D.9	Idrogenazione				
F.2	Essiccazione (liquido/solido)				
H.11	Riempimento, confezionamento				
U.1	Pulizia/sanificazione				
U.2	Generazione e consume di energia termica				
U.3	Trattamento acque primarie				
U.4	Generazione di vuoto				
U.5	Impianti di refrigerazione e congelamento				

Diagramma di Flusso e Fasi del Processo dello stabilimento tipo nel caso di produzione di olio di oliva

Gli oli di oliva destinati tal quali al consumo diretto sono normalmente sottoposti, prima di essere confezionati, alle operazioni di filtratura, brillantatura ed eventualmente miscelazione. Gli oli di oliva vergini lampanti non aventi le caratteristiche per essere destinati al consumo diretto e l'olio di sansa grezzo devono essere sottoposti al processo di raffinazione che, a seconda delle diverse caratteristiche, può comprendere le operazioni di depurazione, deacidificazione fisica, neutralizzazione con alcali, decolorazione, deodorazione e demargarinazione.

Nella successiva trattazione, sia come schemi a blocchi, sia come descrizione delle principali operazioni unitarie, sono state indicate le sigle che permettono il collegamento alle operazioni unitari sopra elencate.

Olio di oliva

Risorse			Emissioni					
EE	ET	AQ	AQ	AR	OD	Ri	Ru	
1	0	0	0	1	1	0	0	5%
2	1	3	3	1	1	0	0	17.5%
1	3	2	3	2	1	0	0	19%
2	0	0	0	0	1	2	0	8%
3	0	0	0	0	0	1	0	6.5%
3	3	2	3	3	2	1	0	27%
1	0	0	0	1	1	0	0	5%
2	0	0	0	1	0	0	2	8%
1	0	0	0	1	1	0	0	5%
28.5%	11%	11%	14%	13%	13%	6%	3%	

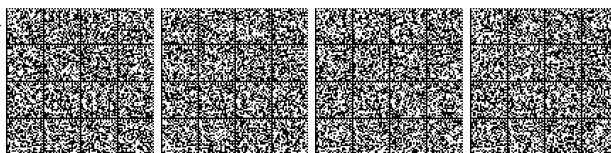



Diagramma di Flusso e Fasi del Processo dello stabilimento tipo nel caso di produzione dell'olio di sansa

La materia prima impiegata è la sansa umida (vergine) sottoprodotto del frantoio, che viene sottoposta ad essiccazione ed estrazione con solvente. La miscela olio/solvente viene distillata per recuperare il solvente e la sansa esausta desolventizzata viene utilizzata come combustibile o emendante.

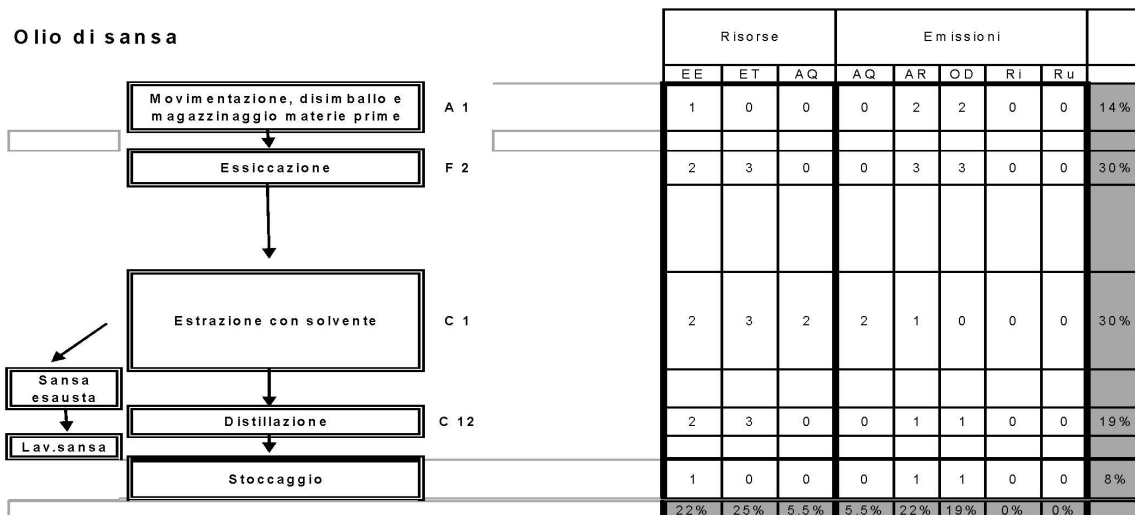
L'olio grezzo subisce le stesse lavorazioni di raffinazione degli oli di oliva e di semi.

Fase		Risorse			Emissioni					
		EE	ET	AQ	AQ	AR	OD	Ri	Ru	
Movimentazione, disimballo e magazzinaggio materie prime	A 1	1	0	0	0	2	2	0	0	14%
Essiccazione	F 2	2	3	0	0	3	3	0	0	30%
Estrazione con solvente	C 1	2	3	2	2	1	0	0	0	30%
Distillazione	C 12	2	3	0	0	1	1	0	0	19%
Stoccaggio		1	0	0	0	1	1	0	0	8%
		22%	25%	5.5%	5.5%	22%	19%	0%	0%	

Diagramma di Flusso e Fasi del Processo dello stabilimento tipo nel caso di produzione di olio di semi

Le materie prime impiegate sono costituite dai semi oleosi.
La materia prima viene stoccata in silos verticali o capannoni silos; dopo la fase di pulizia ed eventuale essiccazione i semi vengono macinati, eventualmente pressati e sottoposti ad estrazione con solvente.
L'olio di semi grezzo passa al processo di raffinazione che, a seconda delle diverse caratteristiche, può comprendere le operazioni di depurazione, deacidificazione fisica, neutralizzazione con alcali, decolorazione, deodorazione e demargarinazione.

Fase	Codice	Risorse			Emissioni					
		EE	ET	AQ	AQ	AR	OD	Ri	Ru	
Movimentazione, disimballo e magazzinaggio materie prime	A 1									
Selezione, vagliatura, cernita, sgusciatura	A 2	2	2	0	0	2	1	0	0	14.5%
Essiccazione	F 2	2	2	0	0	2	1	0	0	14.5%
Stoccaggio		1	0	0	0	1	1	0	0	3%
Spremitura	B 3	3	2	0	0	2	1	0	0	8%
Estrazione	C 1	2	3	2	2	1	0	0	0	10%
Distillazione	C 12	2	3	0	0	1	1	0	0	14.5%
Desolv. / Linea farine		2	2	0	0	1	0	0	0	5%
Stoccaggio		1	0	0	0	1	1	0	0	3%
Ricez.e scarico		1	0	0	0	1	1	0	0	3%
Degommaggio	C 14	2	1	3	3	1	1	0	0	11%
Neutralizzazione	C 8	1	3	2	3	2	1	0	0	12%
Decolorazione	C 9	2	0	0	0	0	1	2	0	5%
Decerazione	C 15	3	0	0	0	0	0	1	0	4%
Deodorazione	C 10	3	3	2	3	3	2	1	0	16%
		26%	20%	9%	11%	18%	12%	4%	0%	

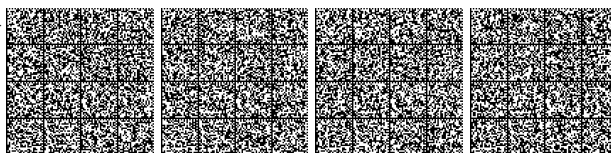
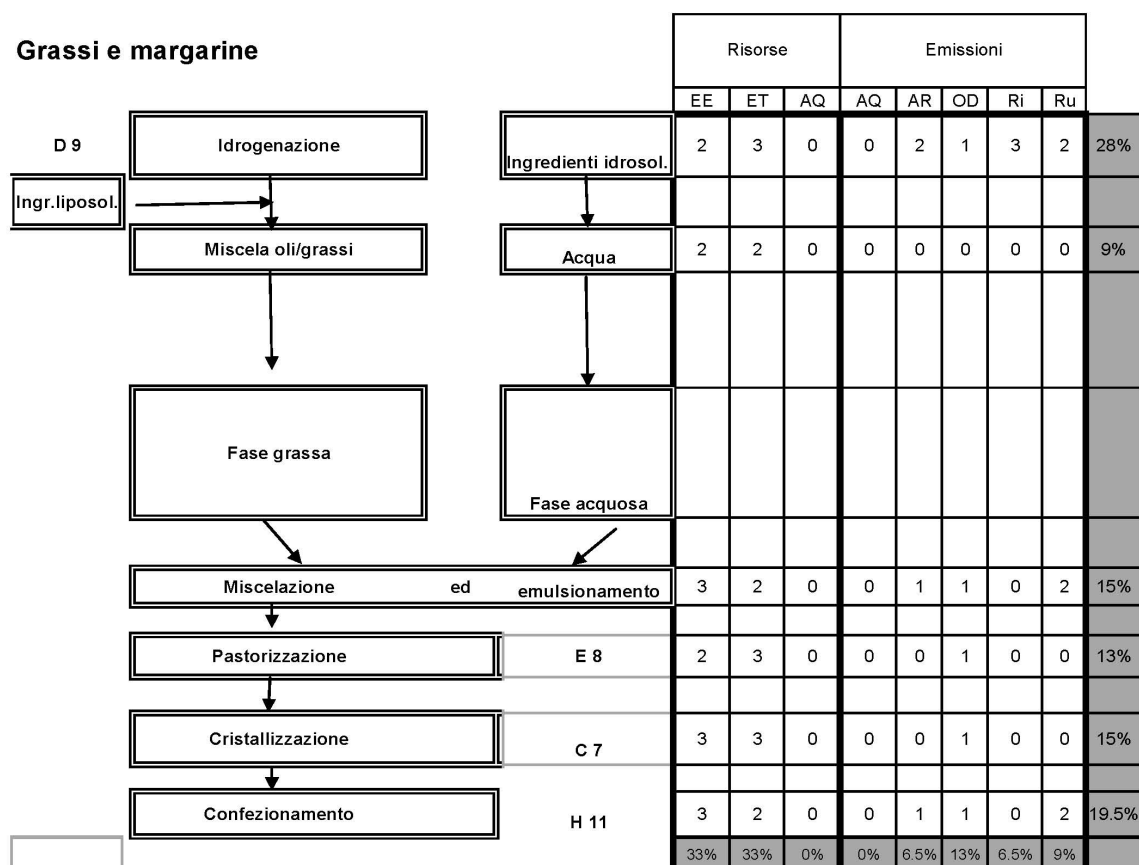



Diagramma di Flusso e Fasi del Processo dello stabilimento tipo nel caso di produzione di grassi e margarine

La lavorazione dei grassi include le seguenti fasi di ricevimento e stoccaggio delle materie prime , la preparazione della fase grassa per la idrogenazione o indurimento, la preparazione della fase acquosa e la miscelazione ed emulsionamento delle due fasi. Quindi si ha la eventuale pastorizzazione ed il raffreddamento e cristallizzazione cui segue il confezionamento, lo stoccaggio e la distribuzione.

Fase	Risorse			Emissioni					
	EE	ET	AQ	AQ	AR	OD	Ri	Ru	
Idrogenazione / Ingredienti idrosol.	2	3	0	0	2	1	3	2	28%
Miscela oli/grassi / Acqua	2	2	0	0	0	0	0	0	9%
Miscelazione ed emulsionamento	3	2	0	0	1	1	0	2	15%
Pastorizzazione (E 8)	2	3	0	0	0	1	0	0	13%
Cristallizzazione (C 7)	3	3	0	0	0	1	0	0	15%
Confezionamento (H 11)	3	2	0	0	1	1	0	2	19.5%
	33%	33%	0%	0%	6.5%	13%	6.5%	9%	

Descrizione delle operazioni rilevanti ai fini dell'IPPC.

Preparazione della materia prima

Allo stoccaggio dei semi oleosi segue la fase di pulizia ed eventuale essiccazione che serve a facilitare la conservazione della materia prima eliminando i rischi di fermentazione e autocombustione.

I semi oleosi, dopo lo stoccaggio in silos, vengono puliti mediante passaggio su setacci, magneti o cicloni. I semi oleosi sono quindi processati per spremere l'olio fuori dai semi stessi e per preparare il pannello per il processo di estrazione.

I semi oleosi sono perciò essiccati (umidità 4-8%), sgusciati, condizionati (riscaldamento a 55-90 °C) e pressati mediante pressa in uno o due stadi.

L'olio grezzo viene separato dalla farina per filtrazione o per vagliatura, essiccato e qualche volta degommato con acqua. Da questa operazione si ottengono tre prodotti : il pannello che è ancora ricco in olio, l'olio vegetale grezzo e le gomme o lecitine.

La sansa vergine, con grado di umidità variabile dal 25 al 55 % in relazione al tipo di tecnologia utilizzata nel frantoio, viene essiccata in essiccatoi rotanti ad aria calda fino ad una umidità residua del 3-6%. Il combustibile utilizzato è la sansa esausta dal successivo processo di estrazione. La sansa essiccata passa direttamente alla fase di estrazione.

Le materie prime utilizzate nella produzione della margarina, dei grassi da spalmare e relative miscele sono costituite essenzialmente da oli e grassi, acqua, eventuali prodotti a base di latte in forma liquida o in polvere, additivi, aromi e coloranti.

Miscelazione ed emulsionamento

La prima fase della lavorazione consiste nella preparazione delle miscele di grassi a meno che le miscele non siano acquistate direttamente. Gli oli e i grassi e le relative miscele sono stoccati prima dell'impiego in appositi serbatoi.

Gli ingredienti liposolubili vengono disciolti nella miscela di grassi per formare la fase grassa. Esistono diverse modalità per aggiungere gli ingredienti liposolubili alla miscela di grassi .Il metodo più semplice è quello di aggiungerli direttamente . Un altro metodo consiste nella preparazione di una o più premiscele di un olio e degli ingredienti liposolubili e nel dosaggio di queste premiscele nella miscela di grassi.

L'altro componente della margarina è l'acqua. Gli ingredienti idrosolubili vengono disciolti nell'acqua a formare la fase acquosa. I metodi di preparazione di questa fase sono analoghi a quelli descritti per la fase grassa.

Può essere necessario talvolta pastorizzare la fase acquosa. L'operazione di pastorizzazione dipende dalla sensibilità del prodotto alla crescita di microorganismi e alle condizioni di conservazione.

La fase grassa e la fase acquosa sono miscelate nella giusta proporzione ed emulsionate tra loro.

Estrazione

L'estrazione con solventi è un metodo di estrazione di olio da semi oleosi e da sansa vergine.

La produzione di olio vegetale grezzo estratto da semi oleosi soffici (per esempio girasole, ravizzone) è un processo a due stadi.

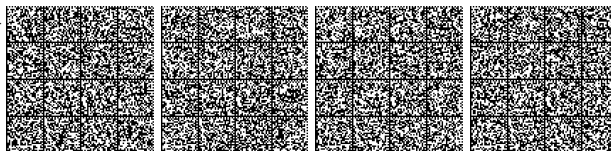
Il primo stadio del processo è la preparazione e la pressatura dei semi. I semi oleosi sono quindi innanzitutto puliti, usando setacci, magneti e/o cicloni. I semi sono pressati in uno o due stadi, dopo essiccamento (umidità 4-8%), sgusciatura e condizionamento (riscaldamento a 55-90°C) per ottenere olio grezzo di pressatura e per preparare il pannello per il processo di estrazione. Le farine sottili sono separate dall'olio grezzo per filtrazione, o mediante centrifughe tipo decanter o vagli. Dopodiché l'olio grezzo è essiccato e qualche volta

degommato con processo ad acqua. Questo porta a tre prodotti finali: pannello, che è ancora ricco in olio (12-15%), olio vegetale grezzo e gomme o lecitine.
I semi di soja ed il vinacciolo (20% di olio) non sono pressati dopo la pulizia a causa del modesto contenuto di grassi, ma passano direttamente all'estrazione.
Nel caso della sansa vergine la preparazione alla successiva fase di estrazione avviene per essiccamento in essiccatori rotanti ad aria calda .
Il secondo stadio del processo è l'estrazione con esano. L'esano è usato in equicorrente o controcorrente rispetto al pannello o ai fiocchi derivanti dal processo di preparazione. L'esano estrae l'olio dai semi. La miscela di esano e olio chiamata miscella, è successivamente sottoposta a distillazione per recuperare l'esano dall'olio vegetale. Il solvente è riutilizzato nel processo di estrazione dopo un separatore esano-acqua. L'esano dalla farina e dalla sansa esausta viene recuperato con un processo di strippaggio a vapore. Allo stesso tempo il calore fornito alle farine ne causa la tostatura per cui l'attività enzimatica è ridotta. La miscela esano-vapore viene usata nel processo di distillazione della miscella per recuperare solvente e calore. La farina è raffreddata con aria prima dello stoccaggio nei silos o dopo il carico. La sansa esausta è stoccata direttamente a piazzale.
I prodotti finali sono farina/sansa esausta e olio grezzo. Le gomme o lecitine nell'olio possono essere separate per centrifugazione dopo idratazione con acqua (water degumming).

Trattamento farine
Le farine con solvente vengono avviate a desolventizzazione e successiva essiccazione, raffreddamento, macinazione e stoccaggio in appositi depositi.

Trattamento sanse
La sansa esausta viene stoccata all'aperto ed in alcuni casi sottoposta a vagliatura per separare la parte dura (nocciolo), destinata alla combustione, dalla polpa (buccetta) utilizzabile come ammendante .

Neutralizzazione
La neutralizzazione degli oli vegetali è un processo di raffinazione con lo scopo principale di rimuovere acidi grassi (contenuto nell'olio grezzo da 0,5 a 6%) e fosfatidi usando prodotti chimici come acido fosforico, acido citrico e soluzione alcalina.
Dopo il preriscaldamento dell'olio a 80-100°C, l'acido fosforico è mescolato con l'olio per aumentare la solubilità in acqua dei fosfatidi. L'olio acidificato è quindi mescolato con una soluzione caustica che neutralizza sia l'acido grasso che l'acido fosforico e che per conseguenza aumenta la solubilità in acqua dei fosfatidi.
La miscela di sapone e fosfatidi è separata dall'olio con una centrifuga. L'olio raffinato con alcali può essere essiccato e pompato in un serbatoio di stoccaggio. Gli scarichi combinati della centrifuga detti saponi sono quindi trattati in un sistema di separazione dei saponi, che è un processo di acidulazione con l'obiettivo di rimuovere gli acidi grassi dopo trattamento con acido (acido solforico) e vapore.

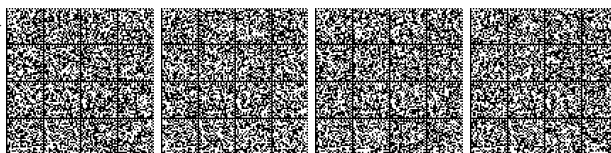
Deodorizzazione, distillazione, strippaggio
La deodorizzazione è una tecnica di processo per rimuovere acidi grassi e composti volatili dall'olio degommato e/o raffinato con alcali e dai grassi dopo la decolorazione. Il vapore è iniettato nell'olio riscaldato (>200°C) al fondo della colonna di distillazione che è sottovuoto. Il vapore strippa gli acidi grassi e le altre impurità dagli oli e grassi, le gomme e le lecitine non sono rimosse da questo processo. Il vapore è condensato usando un condensatore barometrico. La separazione dei componenti inquinanti da questo vapore può essere

aumentata da un sistema di lavaggio e condensazione a uno o due stadi e da demister. La deodorizzazione può avvenire in discontinuo o in reattori continui di deodorizzazione.

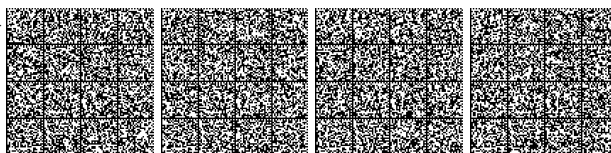
Decolorazione
La decolorazione degli oli è un processo sviluppato per rimuovere dall'olio pigmenti naturali dell'olio, compromessi dal cattivo stato di conservazione e che conferiscono all'olio stesso colorazioni sgradevoli, metalli (nikel o ferro, derivanti da altri processi di raffineria) e saponi ancora presenti .
L'olio è mescolato con lo 0.1-3 % di argilla decolorante, che un'argilla minerale come la bentonite o la montmorrilonite, che è stata attivata mediante trattamento termico, acido o altro tipo di trattamento. Queste argille hanno un alto potere adsorbente. Dopo la decolorazione (durata da 30 a 90 minuti), l'olio è separato dalla terra decolorante, mediante filtrazione. L'argilla esaurita contiene elevate quantità di olio (fino al 30%). Un trattamento per strippaggio in corrente di vapore può portare al recupero di una parte dell'olio o del grasso.
L'olio decolorato passa ai successivi processi di raffineria.

Idrogenazione
L'indurimento o idrogenazione dei grassi è un processo di saturazione degli acidi grassi insaturi e polinsaturi per addizione di idrogeno (H_2) gas per la idrogenazione su nickel come catalizzatore (0.3-3 kg/tdi prodotto).
L'olio neutro o decolorato viene riscaldato ad una temperatura di 150-205 °C in presenza del catalizzatore nichel. Quindi viene aggiunto H_2 gas al reattore in mescolamento per ottenere l'indurimento e cioè la trasformazione dell'olio in grasso. L'idrogenazione è un processo esotermico.
Dopo la reazione, il grasso viene separato dal nickel mediante filtropressa o altri sistemi filtranti. In una minoranza dei casi il catalizzatore al nichel può essere riutilizzato diverse volte fino a deattivazione. Società specializzate recuperano il nickel esausto.
La concentrazione residua di nichel nel grasso viene rimossa con il processo di decolorazione. Le terre di decolorazione possono essere contaminate da nichel.

Degommaggio
Consiste in un trattamento con acqua leggermente acidificata (utilizzando acido citrico, ossalico, fosforico) e successiva centrifugazione. Questo trattamento permette l'allontanamento di lipidi polari idratabili come fosfolipidi, lipoprotidi, glicolipidi, resine, gomme. Naturalmente, non tutti gli oli da raffinare necessitano di tale trattamento. Nel caso specifico, gli Oli di Oliva Lampanti generalmente non lo richiedono, mentre gli oli di Sansa Grezzi ne possono trarre vantaggi non trascurabili.

Decerazione-Winterizzazione
Consiste in un blando trattamento a bassa temperatura (0-10°C) allo scopo di eliminare le frazioni trigliceridiche, o di altra natura, a più alto punto di fusione, che possono alterare la limpidità dell'olio, dopo il confezionamento, soprattutto se conservato a basse temperature, come possono essere quelle invernali. Tale trattamento è indispensabile nel caso dell'Olio di Sansa di Oliva, particolarmente ricco di cere (esteri di alcoli lineari a lunga catena con acidi grassi).

Centrale termica
La centrale termica viene utilizzata per la produzione di vapore necessario per le fasi di estrazione e raffinazione degli oli.

Le centrali termiche del settore olio di semi utilizzano come combustibile il pannello di semi ottenuto dal processo di estrazione.
Le centrali termiche del settore sansa utilizzano come combustibile la sansa esausta derivante dal processo di estrazione.
Negli altri casi viene in genere utilizzato come combustibile metano o olio combustibile.

Acqua
L'acqua deve essere disponibile in quantità e qualità sufficienti. La disponibilità e l'impiego di acqua fredda e calda potabile e sotto pressione devono essere assicurati per tutte quelle operazioni nelle quali l'acqua e i prodotto vengono a contatto e comunque nell'intera fabbrica per il lavaggio e il risciacquo di impianti e attrezzi di lavoro.
L'acqua utilizzata per il raffreddamento può essere riciclata e riutilizzata per la stessa operazione di raffreddamento dopo passaggio in torre evaporativa, ma in questo caso deve essere adeguatamente sottoposta a trattamenti di purificazione e disinfezione e a continui controlli dell'efficacia degli stessi.
Le acque tecnologiche che non vengono a contatto diretto con le sostanze alimentari (produzione di energia termica, installazioni frigorifere, rete antincendio, ecc.) non devono essere necessariamente potabili ma devono essere isolate in appositi circuiti, possibilmente segnalati esternamente con colori che distinguano queste reti da quella dell'acqua potabile al fine di evitare qualsiasi commistione dovuta a connessioni accidentali che possano essere effettuate.
Il circuito di acqua potabile deve essere individuato mediante specifica colorazione delle tubature oppure da etichette evidenti e non deve consentire commistioni con altre acque di processo.

Aspetti ambientali del settore delle materia grasse vegetali

In questa sezione sono presentate in forma sintetica informazioni riguardanti i principali comparti ambientali su cui i processi specifici del settore producono impatti significativi. Viene quindi condotta una valutazione di carattere qualitativo sul livello di significatività di ciascuno in relazione alle diverse fasi produttive e, infine, vengono illustrati i livelli attuali di prestazioni registrati nel settore per i principali indicatori in uso.

Movimentazione materiali e stoccaggio

Aria.

Durante il trasferimento degli oli grezzi di semi e di oliva dalle autocisterne di trasporto ai serbatoi di stoccaggio ci possono essere emissioni di odore tipico.

Acqua.

Il processo produce inquinamento dell'acqua, essenzialmente per il lavaggio dalle perdite nelle connessioni tra tubazioni e pompe: da 0.01 a 0.02 kg di COD per tonnellata di olio; consumo di acqua da 0.1 a 0.2 m^3 per tonnellata di olio.

Residui solidi.

Si possono avere residui solidi derivanti dalle operazioni di movimentazione, che sono specifici per ogni processo.

Emissioni diffuse.

Si possono ipotizzare piccole perdite locali di liquidi e solidi da tubazioni, giunzioni, pompe e impianti simili. Vi possono essere emissioni diffuse di vapori e polveri da aerazioni di serbatoi durante il riempimento e dalle torri da sbarco dei semi oleosi, consistenti in polveri ed odori. In generale emissioni diffuse hanno effetto moderato e locale.

La movimentazione con pale meccaniche di materia prima (semi e sansa vergine) e di sottoprodotti (sanse esauste) possono dare luogo ad emissione di polveri ed odori.

Energia.

La movimentazione di materiale è quasi esclusivamente elettrica; non è utilizzato calore. I problemi ambientali sono trascurabili e collegati al consumo di elettricità.

Essiccamento ad aria calda

Aria.

Nell'essiccamento ad aria calda si genera un gas/vapore che viene scaricato nell'atmosfera. Questo può contenere composti organici volatili e polveri in relazione al prodotto trattato. Questo può causare molestie per odori e richiede trattamenti prima dell'emissione.

Nell'essiccamento a spruzzo l'aria in uscita dall'essiccatore contiene polvere essiccata. Una tecnica normale di rimozione della polvere è il passaggio dell'aria attraverso cicloni. Comunque l'aria in uscita dai cicloni posti a valle di un essiccatore rotante o di un essiccatore statico può contenere fino a 400 mg/Nmc di polvere. Spesso devono essere rispettati limiti più severi. Questo significa che devono essere impiegate tecniche di trattamento addizionali come lavatori o filtri. Come risultato di questo processo di depurazione l'emissione contiene da 50 a 250 mg/Nmc di polveri.

Il processo produce inquinamento dell'aria derivante dalla emissione dei fumi dall'essiccatore; polveri da 3 a 10 kg/t di olio prodotto, ossidi di azoto da 8 a 20 kg/t di olio prodotto, monossido di carbonio da 100 a 300 kg/t di olio prodotto, sostanze organiche volatili da 50 a 100 kg/t di olio prodotto.

Acqua.

L'uso dell'acqua è limitato al lavaggio degli impianti. La quantità di acqua dipende dal tipo di impianto. Le acque di lavaggio possono contenere:

- sostanze organiche solubili (BOD, COD) derivanti dai prodotti rimossi dal lavaggio;

- solidi sospesi derivanti dai prodotti rimossi dal lavaggio.

Rifiuti solidi.

Rifiuti solidi organici possono essere prodotti quando gli impianti sono svuotati per un successivo processo o per pulizia. Questi solidi sono materie prime o prodotti di scarto o polveri raccolti dai sistemi di filtrazione. Quando sono utilizzati lavatori ad aria si genera un rifiuto solido contenete biomassa organica. Dai forni degli essiccatori di sansa si generano ceneri di combustione.

Sgusciatura

Energia.

Per evaporazione dell'acqua viene richiesta in teoria 2,2 MJ/kg, a causa delle perdite del processo in pratica il consumo va da 2,5 a 3,5 MJ/kg.

Estrazione con solvente

Aria.

Perdite di esano dai ventilatori, farine, olio o acque reflue sono ben specificate dall'allegato IIA n°19 della direttiva europea 1999/13/EC (11/3/99).

Acqua.

Nella preparazione di semi oleosi si generano emissioni contenenti polveri (da 0.3 a 0.7 kg/t di soia e da 0.4 a 1.4 mc/t di girasole).

Il processo di estrazione produce acque reflue (principalmente dai separatori acqua/esano): da 0,2 a 0,5 mc per tonnellata di semi, da 0,1 a 1 kg di COD per tonnellata di semi.

Acqua di raffreddamento: da 0,2 a 14 mc per tonnellata di semi.

Rifiuti solidi.

Scorie dal trattamento delle acque reflue, scarti non vegetali dalla pulizia dei semi prima della preparazione.

Rumore.

Possibili sorgenti di rumore sono: torri di raffreddamento, raffreddatori delle farine, ventilatori, valvole di sicurezza del vapore, laminatoi e presse.

Energia.

Da 200 a 500 kg di vapore (600 – 1400 MJ) per tonnellata di semi, 25-50 kWh (100 – 200 MJ) per tonnellata di semi.

Neutralizzazione

Aria.

Il sistema di acidificazione dei saponi può essere una sorgente di odori.

Acqua.

L'acqua reflua derivante dal sistema combinato di neutralizzazione e separazione dei saponi è a 100°C , ha una alta acidità e contiene fosfato di sodio e solfato di sodio o cloruro ad alta concentrazione; i fosfati contribuiscono alla eutrofizzazione.

Il processo di neutralizzazione richiede anche l'uso di acqua fredda. Acqua demineralizzata 100-300 litri per tonnellata di olio; acqua potabile 50-300 litri per tonnellata di olio per la separazione del sapone; acqua di raffreddamento 0.1-2 mc per ton; prodotti chimici da 1 a 6 kg di soluzione alcalina per tonnellata di olio, da 0.5 a 2 kg di acido fosforico per tonnellata di olio. In caso di separazione dei saponi 100-250 kg acido solforico per tonnellata di sapone.

Energia.

Nella neutralizzazione da 0.04 a 0.1 tonnellate di vapore per tonnellata di olio; 6-12 kWh per tonnellata di olio nella preparazione di saponi; da 0.2 a 1 tonnnelate di vapore 3 3-10 kWh per tonnellata di sapone

Rumore.

Nessun rumore salvo le torri di raffreddamento

Rifiuti Solidi.

Gli acidi grassi sono considerati come sottoprodotti. Il trattamento di neutralizzazione delle acque reflue può produrre grandi quantità di fanghi, a causa della presenza di fosfati o solfati . Gli effluenti di questi trattamenti possono avere alte concentrazioni di sali.

Altri.

Problemi di ambiente di lavoro possono derivare negli impianti di trattamento a causa della formazione di acido solfidrico che è un gas tossico.

Decolorazione

Aria.

Il lavaggio dei filtri può causare emissione di composti organici che causano odori. Lo stoccaggio delle terre decoloranti esauste può anche causare odori.

Acqua.

Nessun problema ad esclusione dell'acqua demineralizzata utilizzata per il vapore.

Rifiuti solidi.

Le terre decoloranti esauste presentano il rischio di auto combustione. Le terre esauste di una raffineria di olio vegetale possono essere aggiunte alla farina di estrazione. La terra esauste di raffineria di grassi può anche essere aggiunta alla farina, se non contiene nickel. In alternativa può essere utilizzata come fonte di energia (produzione di cemento), poiché ha un alto contenuto energetico.

Può essere utilizzato carbone attivo utilizzato tra 0.1 e 0.5 % rispetto all'olio.

Rumore.

Nessun problema.

Energia.

Si richiede vapore per il recupero di olio dalla terra decolorante esausta. La miscela olio e la terra decolorante viene riscaldata durante il processo di decolorazione.

Idrogenazione (indurimento)

Aria.

Rischio di emissione di Idrogeno. Consumo di Idrogeno da 10 a 200 Nmc per tonnellata di prodotto. Consumo di aria in pressione da 10 a 20 Nmc per ton.

Acqua.

L'acqua è usata per raffreddamento poiché il prodotto finale non può essere più caldo di 100°C. Il vapore, e quindi l'acqua demineralizzata, è necessario per riscaldare le autoclavi ed i reattori. L'acqua è anche usata per lavaggio di impianti. Il consumo di acqua va da 0.2 a 2 mc di acqua potabile o demineralizzata per tonnellata di prodotto.

Il consumo di acqua di raffreddamento va da 2 a 5 mc per ton.

Rifiuti solidi.

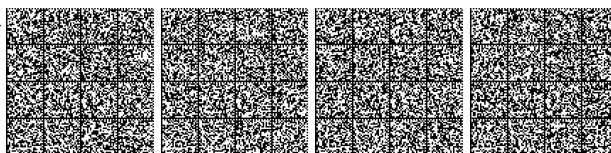
Società specializzate riciclano il nickel esausto. L'acqua di lavaggio può contenere tracce di nickel che può per conseguenza accumularsi nei fanghi dell'impianto di trattamento.

Rumore.

Nessun problema ad esclusione delle torri di raffreddamento

Energia.

Consumo di vapore per il riscaldamento della miscela olio/grasso (0.1-0.3 tonnellata di vapore per tonnellata di prodotto); elettricità per pompe e miscelatori (15-50 kWh per tonnellata di prodotto)

Centrale termica

Acqua.

L'acqua è utilizzata per la produzione vapore.
Consumo di acqua: acqua demineralizzata da 1-10 m^3 per tonnellata di olio.
Aria.
Le emissioni in atmosfera si diversificano in relazione al tipo di combustibile utilizzato :
- caldaie a sansa esausta: polveri da 0.5 a 3 kg/ton; sostanze organiche volatili da 0.5 a 3.5 kg/ton; monossido di carbonio da 50 a 200 kg/ton; ossidi di azoto da 15 a 1 kg/ton;
- caldaie a pannello di semi oleosi esausti: polveri da sostanze organiche volatili, da monossido di carbonio, da ossidi di azoto;
- caldaie a olio combustibile: polveri da sostanze organiche volatili, da monossido di carbonio, da ossidi di azoto, da ossidi di zolfo.

Rifiuti solidi.
Ceneri di combustione variabili in relazione al combustibile:
- caldaie a sansa esausta: 0.3 kg per tonnellata di olio prodotto;
- caldaie a pannello di semi oleosi esausti:0.1 kg per tonnellata di olio prodotto
- caldaie a olio combustibile: 0.05 kg per tonnellata di olio prodotto

Rumore.
Nessun problema

Emissioni e consumi del settore delle materie grasse vegetali

In questo paragrafo vengono definiti gli indicatori ambientali più significativi nel settore delle materie grasse vegetali
Nell'analisi sono stati presi in considerazione quelli che caratterizzano le emissioni delle lavorazioni presenti nel settore materie grasse vegetali
Le tabelle seguenti mostrano dati rappresentativi del segmento produttivo e non necessariamente coincidono con la singola realtà aziendale.
Gli indicatori sono stati calcolati in base al rapporto esistente tra le quantità di ciascuna tipologia di effluenti e le quantità di prodotto .

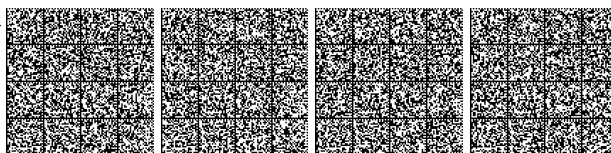
ENERGIA

Estrazione con solvente		
Energia elettrica	MJ/t	90 - 180 (kWh/t di semi da 25 a 50)
Energia termica	GJ/t	0,6-1,4
Neutralizzazione		
Energia elettrica	MJ/t	21- 42 (kWh/t da 6 a 12)
Energia termica	MJ/t	116 - 290 (da 0.04 a 0.1 tonnellata di vapore per tonnellata di olio)
Idrogenazione		
Energia elettrica	MJ/t	54 - 180 (kWh/t da 15 a 50)
Energia termica	MJ/t	290 – 870 (0.1 - 0.3 tonnellata di vapore per tonnellata di materia)

EMISSIONI IN ATMOSFERA

Essiccamento ad aria calda		
Polveri	kg/t	da 3 a 10
NOx	kg/t	da 8 a 20
CO	kg/t	da 100 a 300
SOV	kg/t	da 50 a 100
Preparazione semi oleosi		
Polveri	kg/t	da 0,3 a 0,7 (soia)
Polveri	kg/t	da 0,4 a 1,4 (girasole)
Centrale termica		
Sansa esausta		
Polveri	kg/t	da 0,5 a 3
NOx	kg/t	da 15 a 100
CO	kg/t	da50 a 200
SOV	kg/t	da 0,5 a 3,5

ACQUE

Movimentazione materiali e stoccaggio		
COD	kg/t	da 0,01 a 0,02
Acqua utilizzata	mc/t	da 0,1 a 0,2
Estrazione con solvente		

COD	kg/t	da 0,1 a 1
Reflui prodotti	mc/t	da 0,2 a 0,5
Acqua di raffreddamento	mc/t	da 0,2 a 14
Neutralizzazione		
Acqua demi	mc/t	0,1 - 0,3
Acqua potabile	mc/t	0,05 - 0,3
Acqua di raffreddamento	mc/t	0,1-2
Idrogenazione		
Acqua utilizzata	mc/t	0,2-2
Acqua di raffreddamento	mc/t	2-5
Centrale termica		
Acqua demi	mc/t	1-10

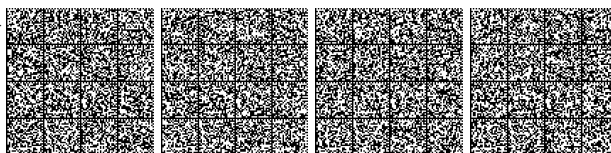
RIFIUTI

Centrale termica		
Ceneri (sansa)	kg/t	0,3
Ceneri (pann. semi)	kg/t	0,1
Ceneri (olio comb.)	kg/t	0,05

Le principali tipologie di rifiuti da imballaggio avviati al recupero sono così costituite:

- Carta/cartone
- Metalli
- Plastica
- Legno
- Vetro

CONSUMO DI SOLVENTE (ESANO) PER ESTRAZIONE

• Grasso animale	Kg/t	1,5
• Ricino	Kg/t	3,0
• Colza	Kg/t	1,0
• Semi di girasole (frantumazione normale)	Kg/t	1,0
• Semi di soia (frantumazione normale)	Kg/t	0,8
• Sanse	Kg/t	3,0

Settore lattiero caseario

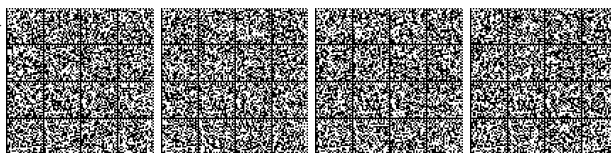
Processi e tecniche utilizzate

	Fasi del processo	Formaggi	Yogurt	Latte
A.1	Movimentazione, disimballo e magazzinaggio materie prime			
B.2	Miscelazione, mescolamento, impasto, concaggio, omogeneizzazione, aggiunta ingredienti			
B.4	Formatura, estrusione, insacco			
C.4.	Centrifugazione, sedimentazione			
C.5	Filtrazione			
D.4	Fermentazione			
D.5	Coagulazione			
D.7	Aggiunta di additivi, salatura			
D.8	Affumicamento			
D.13	Copertura, rivestimento, agglomerazione, incapsulamento, sugnatura, infarinatura, soffiatura			
D.14	Invecchiamento (tipicamente utilizzata per alcolici), stagionatura			
E.8	Stabilizzazione termica			
G.1	Raffreddamento, refrigerazione, maturazione a freddo			
H.1	Confezionamento, riempimento, cucitura, insacco, legatura			
H.2	Confezionamento in atmosfera protettiva			
U.1	Sanificazione, disinfezione			
U.2	Produzione e consumo di energia termica			
U.3	Trattamento acque primarie			
U.5	Refrigerazione			

Produzione di formaggio

Nel presente paragrafo sono descritte le principali fasi produttive relative alla produzione di formaggio. Laddove esistano specifiche caratteristiche legate alla produzione di particolari tipi di formaggio, queste sono state segnalate attraverso l'utilizzo di apposite note. Per facilitare la lettura, le fasi produttive descritte sono riassunte in uno schema di flusso.

Diagramma di Flusso e Fasi del Processo dello stabilimento tipo nel caso di produzione di formaggio

Fase	Codici	Risorse EE	Risorse ET	Risorse AQ	Emissioni AQ	Emissioni AR	Emissioni OD	Emissioni Ri	Emissioni Ru	
Ricevimento e stoccaggio latte e panna (2)	A1, B2, G1	2	2	3	3	1	0	0	2	17%
Ricevimento semilavorato (1)	A1, G1	2	0	0	0	0	0	1	0	
Preparazione semilavorato (2)	C4, C5, E8	3	4	3	3	2	0	1	3	24%
Produzione (2)	B2, B4, D4, D5, D7, D8, D13, D14	4	4	4	4	0	0	1	3	26%
Confezionamento	H1, H2	4	1	1	1	0	0	3	2	15%
Rafferddamento in cella e stoccaggio	G1	4	0	1	1	0	0	0	0	8%
Spedizione	U5	2	0	0	0	1	0	1	1	6%
		27%	14%	15%	15%	5%	0%	9%	14%	

(1) Fase facoltativa associata o sostitutiva del ricevimento latte

(2) Gli alti consumi di acqua ed energia termica in queste fasi sono dovuti alle operazioni di pulizia e sanificazione

Legenda			
	Risorse	EE	energia elettrica
		ET	energia termica
		AQ	acqua
	Emissioni	AQ	effluenti idrici
		AR	emissioni in aria
		OD	odori
		RI	rifiuti
		RU	rumore

A ciascuno di questi è stato attribuito un livello di significatività variabile da 0 a 5, laddove a ciascun livello è stato attribuito il seguente valore:
- 0 = nessun impatto
- 1 = impatto non significativo
- 2 = impatto debole
- 3 = impatto medio
- 4 = impatto significativo
- 5 = impatto forte

Descrizione delle operazioni rilevanti ai fini dell'IPPC.

Ricevimento latte e stoccaggio

Ricevimento latte mediante autocisterna

Il latte di raccolta deve essere raffreddato presso il conferente, subito dopo la mungitura, a temperatura inferiore a 6°C ed essere trasportato allo stabilimento di trasformazione (solitamente per mezzo di autocisterne) ad una temperatura non superiore a 10°C. Tuttavia se il trasporto è inferiore alle due ore il latte può non essere raffreddato.

Lo scopo del raffreddamento (o il breve tempo di trasporto) è quello di limitare lo sviluppo di microrganismi che potrebbero compromettere la salubrità del latte e/o le caratteristiche chimico/fisiche per una corretta trasformazione.

Pesatura

All'arrivo in stabilimento l'autocisterna viene pesata piena. Successivamente, dopo lo scarico del latte, l'operazione di pesatura viene ripetuta in modo da determinare la quantità di latte gravimetricamente.

Scarico e filtrazione

Il latte viene scaricato dall'autocisterna per mezzo di tubazioni e pompe centrifughe ed inviato ai serbatoi di stoccaggio. Durante il trasferimento dall'autocisterna allo stoccaggio, il latte passa attraverso un sistema refrigerante che stabilizza la temperatura a 2/4°C. In questa fase, normalmente prima di entrare nella prima pompa di trasferimento, il latte subisce una prima pulitura tramite filtri (generalmente a cartuccia) per eliminare le particelle più grossolane ed eventuali corpi estranei allo scopo di ridurre l'inquinamento e salvaguardare gli impianti a valle da eventuali rotture.[8] Sono anche effettuati campionamenti in continuo per determinare le caratteristiche chimico/fisiche del latte e la sua idoneità alla caseificazione.

Stoccaggio del latte crudo in serbatoi polmone

Il latte può essere stoccato crudo (raffreddato) per un periodo variabile a seconda delle caratteristiche degli impianti e dell'impostazione tecnologica.

Preparazione semilavorato

Nel corso di questo sottoprocesso il latte viene preparato per le successive fasi di lavorazione.

Pulitura

A seconda delle caratteristiche dei prodotti finiti, il latte può essere pastorizzato o no. In alcuni casi il latte può essere ulteriormente pulito per ridurre le cariche microbiche presenti. Questa operazione può essere effettuata mediante una tecnica di centrifugazione tramite apparecchiature centrifughe ad elevato numero di giri.

Pastorizzazione

Questa operazione ha lo scopo di eliminare i microrganismi patogeni dannosi per la salute umana. Solitamente la pastorizzazione avviene per trattamento termico in scambiatori di calore a piastre a recupero di calore con temperature minime di 72°C ed un tempo di sosta di almeno 15 secondi o trattamento equivalente. Successivamente viene effettuato un raffreddamento a temperatura inferiore a 6°C.

Standardizzazione

Al fine di stabilizzare il processo e le caratteristiche chimico – fisiche del prodotto finito, il latte può venire standardizzato nel contenuto in grasso e proteine utilizzando tecniche di centrifugazione e concentrazione (ultrafiltrazione, evaporazione).

Raffreddamento e stoccaggio

Il latte così preparato, al fine di conservare le caratteristiche microbiologiche, viene quindi stoccato freddo in serbatoi in acciaio inossidabile coibentati, in modo da mantenere le

---

[8] In realtà, una prima pulitura del latte tramite filtri avviene già presso la stalla e sull'automezzo adibito al trasporto.

temperature di refrigerazione. Si ottiene quindi latte preparato, pastorizzato freddo, pronto per la successiva lavorazione.

Movimentazione
Le operazioni di scarico delle autocisterne vengono effettuate, ove necessario, tramite aspirazione con pompa. I successivi trasferimenti di latte, siero, panna sono eseguiti mediante una rete di tubazioni, valvole e pompe.

Produzioni principali
Pastorizzazione / Riscaldamento del latte freddo alla temperatura di coagulazione
Nel normale processo di trasformazione, il trattamento termico principale (pastorizzazione) viene effettuato immediatamente prima della caseificazione: nei formaggi da produrre con latte pastorizzato, questo trattamento termico deve essere effettuato applicando i parametri minimi di legge (o combinazioni tempo / temperatura equivalenti), necessari alla eliminazione dei micro-organismi patogeni. Nel caso di riscaldamento prima della caseificazione, per la stessa tipologia di formaggi, gli impianti interposti tra la pastorizzazione - raffreddamento ed il riscaldamento a temperatura di caseificazione, devono garantire l'assenza di reinquinamento biologico. Eventuali trattamenti termici precedenti la pastorizzazione finale, vengono normalmente definiti "termizzazioni", non sono regolamentati e sono legati alla tecnologia applicata.
La temperatura è uno dei fattori che influenzano la coagulazione del latte. Il raggiungimento della temperatura desiderata avviene tramite raffreddamento dopo pastorizzazione, riscaldamento dopo stoccaggio di latte freddo pastorizzato: tale riscaldamento può essere ottenuto o con scambiatore di calore, oppure direttamente nell'impianto di coagulazione, tramite vapore (indiretto). Le temperature sono generalmente comprese tra 30 e 40°C.
Impiego di fermenti, altri ingredienti, coagulazione e trattamento cagliata
Al latte sono aggiunti fermenti lattici (vitali o liofilizzati o congelati) e/o altri ingredienti che caratterizzeranno il prodotto finito. Successivamente si effettua la coagulazione che, eseguita in apposite caldaie/vasche (o altri sistemi di coagulazione in continuo) può avvenire tramite:

- impiego di coagulante enzimatico (caglio animale/microbico);
- impiego di fermenti acidificanti fino al raggiungimento di un pH (acidità) tale da provocare la formazione di un gel (coagulazione);
- impiego combinato di fermenti acidificanti e del coagulante enzimatico.

La coagulazione consiste nella formazione di un reticolo (gel) di caseina che trattiene tutto o parte del grasso presente nel latte. Il gel ha caratteristiche diverse, secondo i parametri scelti (ad esempio temperatura, pH, tempo) e legati al prodotto che si vuole ottenere.
Separazione cagliata / siero
Il coagulo (cagliata) ottenuto viene porzionato, tramite opportuni organi di taglio, per favorire l'eliminazione del siero. Il processo porta anche ad una demineralizzazione della cagliata. Il siero viene successivamente separato, raccolto e inviato ai trattamenti successivi. Per favorire un ulteriore spurgo (per ottenere formaggi semiduri e duri) la cagliata può subire un successivo trattamento termico (fino a 40-53°C) eventualmente sotto agitazione in sospensione di siero.
Acidificazione (eventuale trattamento termico / filatura)
La fase di acidificazione della cagliata può avvenire prima o dopo la messa in stampo. Può essere determinata dalla fermentazione dei microrganismi (fermento) aggiunto al latte prima della coagulazione o da acidi organici aggiunti artificialmente.
La presente fase impiega mediamente un lasso di tempo che può variare da 0 ore (acidificazione diretta con acidi organici) a 4 ore o più (acidificazione lenta, con l'utilizzo di fermenti lattici). In questa fase vengono utilizzati esclusivamente acidi organici.

Per alcune tipologie di formaggi, la cagliata, spurgata e fatta acidificare (con microrganismi o con aggiunta di acidi organici) è sottoposta ad un trattamento meccanico a caldo che consente di ottenere la caratteristica "filatura" ad uno specifico livello di acidità (paste filate).

Formatura prodotto

Il semilavorato (cagliata o cagliata filata) viene introdotto in appositi stampi per ottenere la forma desiderata del prodotto finito. Per aumentare il residuo secco di alcuni tipi di formaggio (paste pressate), la cagliata viene successivamente sottoposta a pressatura meccanica, dopo essere stata messa in stampo. All'operazione di formatura segue quella di rivoltamento delle forme, ripetuta più volte a tempi diversi, allo scopo di accelerare lo spurgo (continua l'eliminazione di siero). Nella maggior parte dei formaggi in questa fase prosegue il processo di acidificazione iniziato nelle fasi precedenti.

Salatura (a secco / salamoia)

La fase di salatura ha come fine quello di dare sapidità al prodotto e, dove necessario, di disidratare lo strato superficiale del formaggio (crosta) . Può essere di due tipi "a secco" o "in salamoia". La salatura "a secco" avviene applicando il sale in maniera progressiva sulla superficie esterna del prodotto manualmente o meccanicamente. La salatura "in salamoia" avviene per immersione del prodotto in apposite vasche contenenti una soluzione a base di acqua e sale ad appropriata concentrazione e per tempi diversi (da pochi minuti, a ore, a giorni).

Maturazione e Stagionatura (eventuale)

Alcuni formaggi necessitano della fase di stagionatura. Quest'operazione avviene all'interno di locali aventi temperatura ed umidità controllate. I prodotti stazionano all'interno dei locali per periodi prefissati, in alcuni casi vengono sottoposti ad operazioni di rivoltamento e pulizia. I tempi di maturazione/stagionatura possono essere notevolmente diversi a seconda del tipo di formaggio: da pochi giorni, ad alcuni mesi, ad anni. In questa fase procedono le attività dei microrganismi (fermento) e degli enzimi implicati nel processo di maturazione.

Movimentazione

Il trasferimento della materia prima latte e degli ingredienti avviene mediante tubazioni e pompe. La movimentazione del semilavorato viene effettuata tramite nastri trasportatori. L'eventuale trasferimento in stagionatura è effettuata nella maggior parte dei casi mediante l'utilizzo di carrelli elevatori manuali o automatici.

Confezionamento

Porzionatura del prodotto[9]

A seconda del grado di automazione, l'operazione viene eseguita: manualmente, con macchine semiautomatiche, con impianti totalmente automatici.

Immissione nell'imballaggio

Effettuata con macchine di confezionamento sottovuoto o in atmosfera modificata oppure per semplice avvolgimento.

Pesatura o controllo peso

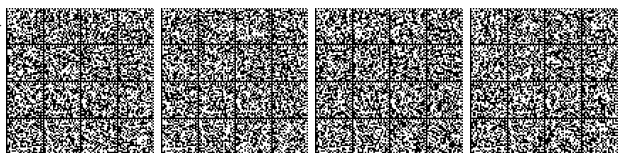
Etichettatura e scarta peso

Incartonamento

Verifica assenza corpi metallici

Movimentazione

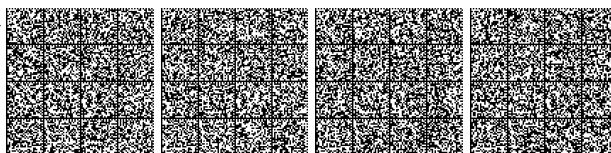
Sulla linea di confezionamento tramite rulliere e nastri trasportatori con pallettizzazione finale. Per il prodotto finito la movimentazione avviene tramite carrelli manuali o automatici.

[9] Questa fase non interessa tutti i tipi di formaggi, in quanto si possono confezionare anche formaggi interi come caciotte, provole, mozzarelle, ecc.

Raffreddamento in cella - stoccaggio / spedizione del prodotto finito

Raffreddamento

Il prodotto viene stoccato ed eventualmente raffreddato alle temperature previste dalla legge prima della spedizione

Spedizione

Le operazioni di spedizione avvengono attraverso il prelievo dei pallets contenenti il prodotto finito dalle celle refrigerate mediante carrelli elevatori e il carico sui mezzi di trasporto.

Co-prodotti (Siero e Panna)

Siero

Il siero, proveniente dalla lavorazione del latte può essere utilizzato secondo le seguenti modalità.

a) Per la vendita. In questo caso può essere filtrato, scremato, raffreddato e stoccato in serbatoi prima di essere caricato in cisterne e spedito.
b) Per la produzione di ricotta.
c) Per la concentrazione o la polverizzazione.

a) Vendita diretta

Il siero viene raccolto con apposita rete di tubazioni e pompe dai punti di produzione e convogliato nella zona di trattamento (normalmente fisicamente separata dalla zona di caseificazione).

Il siero viene filtrato per recuperare eventuali residui di cagliata, utilizzando elementi filtranti con maglia di 30-70 µm. Successivamente viene raffreddato a temperatura inferiore a 10°C per evitare acidificazioni biologiche ed inviato a stoccaggio. Il raffreddamento può essere effettuato con cessione di calore al latte in riscaldamento (per termizzazione o pastorizzazione), tramite apparecchi o circuiti che escludano il rischio di contaminazioni accidentali. Se richiesto, il siero viene inviato alla scrematura per recuperare il grasso residuo contenuto (panna di siero).

b) Produzione ricotta

Il siero ottenuto da coagulazione enzimatica, oltre al grasso, ha un contenuto proteico interessante, costituito da proteine non sensibili agli enzimi coagulanti e quindi non trattenute nella cagliata (sieroproteine).

La ricotta è un prodotto ottenuto riscaldando il siero (con scambio indiretto, diretto o combinazione) e con l'aggiunta di acido organico: in questo modo viene provocata una destabilizzazione acido - termica delle sieroproteine, con la formazione di un reticolo che trattiene tutto o quasi tutto il grasso contenuto nel siero.

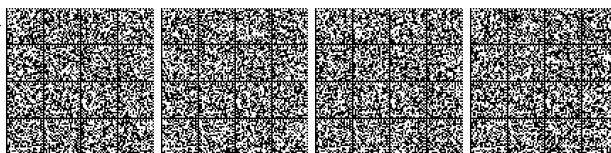
Il processo avviene utilizzando siero grasso, preventivamente stoccato e raffreddato (il siero può essere utilizzato senza raffreddamento, se la caseificazione e la produzione di ricotta sono separate da tempi molto brevi); il siero viene inviato (già in temperatura di lavorazione o parzialmente riscaldato o ancora freddo) in appositi apparecchi dove (se non è necessario completare il riscaldamento) viene aggiunto acido organico (lattico, citrico o acetico) per provocare la flocculazione. Successivamente all'affioramento, la ricotta viene separata meccanicamente dal siero residuo (scotta) ed inviata ai trattamenti successivi. La scotta viene raffreddata (con recupero di calore), inviata a stoccaggio e destinata agli stessi utilizzi finale del siero scremato.

La ricotta può essere:

- confezionata direttamente e raffreddata;
- pastorizzata, omogeneizzata, confezionata e raffreddata;
- raffreddata (stagionata) e affumicata.

c) Concentrazione / polverizzazione

Siero magro e scotta, raffreddati e stoccati, se non venduti direttamente, possono essere ulteriormente trasformati in sottoprodotti a più alto contenuto in residuo secco (e più elevato tenore in lattosio).

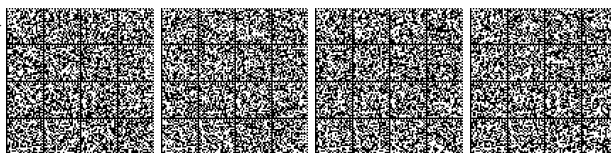
Il processo di concentrazione del siero viene ottenuto normalmente utilizzando la tecnica del "film cadente". Il siero viene fatto fluire per gravità sulla superficie interna di tubazioni, sotto vuoto parziale, per abbassare la temperatura di evaporazione. I tubi vengono riscaldati esternamente con il vapore liberato dal siero. L'incremento di calore del vapore viene ottenuto

con due sistemi: vapore di caldaia (compressione termica) o energia elettrica (compressione meccanica). Il vapore condensa esternamente ai tubi e viene utilizzato per il recupero di calore.
Il processo di concentrazione può avere due obiettivi:
- riduzione costi di trasporto ad utilizzatore finale: preconcentrazione ad un massimo di 320 g/l di solidi (per evitare la cristallizzazione del lattosio);
- preparazione per la polverizzazione e/o l'estrazione di lattosio: concentrazione fino a 650 g/l di solidi, per successiva cristallizzazione pilotata del lattosio.

Il siero può anche essere sottoposto ad ultrafiltrazione, tal quale o a 320 g/l di solidi, per l'estrazione delle sieroproteine.
La polverizzazione viene ottenuta nebulizzando il siero concentrato in controcorrente di aria secca ad alta temperatura. L'obiettivo è di disidratare completamente il siero (preventivamente concentrato a 650 g/l di sostanza secca).

Panna
Viene normalmente ottenuta concentrando (sfruttando la differente densità) il grasso del latte o del siero.
La panna può provenire direttamente dalla standardizzazione iniziale del latte (cosiddetta "panna di latte") oppure dalla scrematura del siero ("panna di siero"). Essa può essere pastorizzata, raffreddata e stoccata in serbatoi. La panna può essere venduta od essere utilizzata in luogo per la preparazione di altri prodotti quale ad esempio burro e mascarpone.
- **Burro:**
  è ottenuto con trattamento meccanico da panna di latte o di siero: il processo, fisicamente una inversione di fase, provoca la aggregazione del grasso e la separazione di latticello.
- **Mascarpone:**
  è ottenuto con un processo (simile a quello di produzione della ricotta) di coagulazione acido / termica di una panna di latte a titolo superiore al 20%. Normalmente la panna è proveniente da ricevimento. L'ottenimento del residuo secco obiettivo può avvenire con l'utilizzo di membrane o di evaporatori. Trattamenti termici, confezionamenti e raffreddamenti sono equivalenti a quelli della ricotta.

Movimentazione
Il trasferimento dei co-prodotti per le operazioni di trattamento e stoccaggio in serbatoi avviene mediante tubazioni e pompe.
Il carico delle autocisterne per la spedizione del prodotto finito avviene mediante aspirazione dai sopraccitati serbatoi, anch'esso per mezzo di pompe e tubazioni.

Materie prime
- Latte
- Caglio
- Sale
- Fermenti e fermenti lattici
- Salamoia
- Altri ingredienti

Materie prime ausiliarie
- Detergenti
- Acidi
- Basi

- Imballaggi
- Lubrificanti
- Liquidi refrigeranti

Produzione di formaggi fusi

Descrizione delle operazioni rilevanti ai fini dell'IPPC.

La materia prima, costituita da formaggi di differente natura, viene introdotta in un impianto composto da più macchinari dove avviene il sezionamento e la fusione della massa.
Le fasi dell'operazione sono le seguenti:

- pre - riscaldamento fino a circa 50-60 °C;
- riscaldamento e successiva fusione ad una temperatura di circa 80°C; l'operazione di fusione viene favorita mediante l'aggiunta di appositi sali;
- sterilizzazione a circa 130°C;
- raffreddamento a circa 90°C e cremificazione;
- trasferimento tramite pompe e tubazioni all'impianto di confezionamento.

Produzione di latte alimentare pastorizzato, UHT, sterilizzato e di prodotti a base di latte

Nel presente paragrafo sono descritte le principali fasi produttive relative alla produzione di latte e di prodotti a base di latte. Per facilitare la lettura, le fasi produttive descritte sono riassunte in uno schema di flusso in calce al capitolo.

Le fasi produttive specifiche hanno inizio a partire dal semilavorato latte stoccato in cisterna, raffreddato e standardizzato nei componenti previsti dalle direttive di settore. La titolazione può anche essere effettuata a ciclo continuo mediante appositi impianti di miscelazione in linea.
Le preparazioni speciali (latti particolari, budini, creme, ecc..) vengono ottenute mediante miscelazione del latte standardizzato con gli ingredienti previsti, in appositi impianti per il dosaggio di polveri nei liquidi, seguita dallo stoccaggio temporaneo della miscela pronta per il trattamento termico.

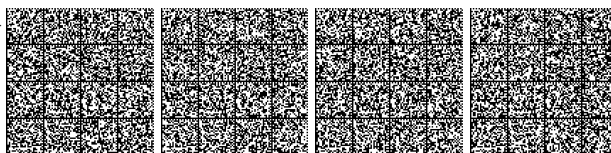
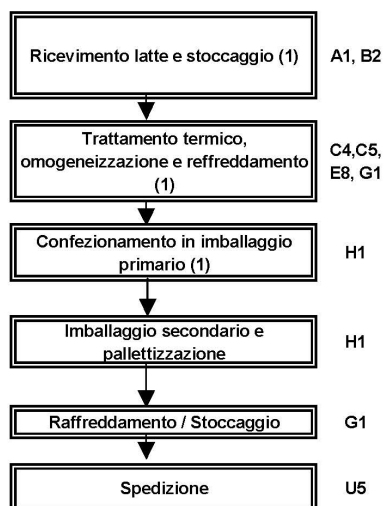



Diagramma di Flusso e Fasi del Processo dello stabilimento tipo nel caso di produzione di latte e derivati

Latte pastorizzato, UHT, latte sterilizzato e derivati

Fase	Codici	Risorse			Emissioni					
		EE	ET	AQ	AQ	AR	OD	Ri	Ru	
Ricevimento latte e stoccaggio (1)	A1, B2	2	2	3	3	1	0	0	2	18%
Trattamento termico, omogeneizzazione e reffreddamento (1)	C4,C5, E8, G1	3	4	3	3	2	0	1	3	27%
Confezionamento in imballaggio primario (1)	H1	3	4	4	4	0	0	1	4	28%
Imballaggio secondario e pallettizzazione	H1	3	1	1	1	0	0	3	3	17%
Raffreddamento / Stoccaggio	G1	1	0	1	1	0	0	0	0	4%
Spedizione	U5	2	0	1	1	0	0	0	0	6%
		20%	15%	18%	18%	4%	0%	7%	17%	

(1) Gli alti consumi di acqua ed energia termica in queste fasi sono dovuti alle operazioni di pulizia e sanificazione

Legenda			
	Risorse	EE	energia elettrica
		ET	energia termica
		AQ	acqua
	Emissioni	AQ	effluenti idrici
		AR	emissioni in aria
		OD	odori
		RI	rifiuti
		RU	rumore

A ciascuno di questi è stato attribuito un livello di significatività variabile da 0 a 5, laddove a ciascun livello è stato attribuito il seguente valore:
· 0 = nessun impatto
· 1 = impatto non significativo
· 2 = impatto debole
· 3 = impatto medio
· 4 = impatto significativo
· 5 = impatto forte

Descrizione delle operazioni rilevanti ai fini dell'IPPC.

Trattamento termico e raffreddamento

Per il trattamento termico del latte pastorizzato (secondo modalità BATCH o HTST) si fa riferimento al processo di pastorizzazione e di eventuale standardizzazione della materia prima latte illustrato in precedenza.

Il trattamento termico U.H.T. mediante impianti continui (minimo 135°C per 1 secondo per il latte) può avvenire mediante sistemi di tipo indiretto o di tipo diretto. Tempi e temperature possono essere variati in funzione della tipologia del prodotto da trattare e/o delle caratteristiche delle materie prime di partenza.

Nei sistemi di tipo indiretto, il riscaldamento alla temperatura di trattamento avviene mediante scambiatori di calore (piastre, tubolari di vario tipo ecc..).

Nei sistemi di tipo diretto il raggiungimento della temperatura di trattamento (previo preriscaldamento a circa 80°C con scambiatore indiretto) avviene mediante miscelazione diretta di vapore e latte con sistemi adeguati. Il rapporto in peso vapore impiegato / latte in questa fase è circa 1:10.

Negli impianti di tipo diretto la sosta in temperatura è immediatamente seguita da espansione sotto vuoto (flash cooling), al fine di estrarre il vapore miscelato al prodotto nella fase di sterilizzazione. Si provoca così un rapido ritorno della temperatura ai valori precedenti alla miscelazione con vapore. Segue una fase di raffreddamento in continuo a scambio indiretto con liquido refrigerante o in controcorrente con il prodotto in entrata.

La tecnologia per la produzione di latte e derivati sterilizzati a lunga conservazione in contenitore chiuso (bottiglie in plastica o vetro) prevede due fasi distinte relative al trattamento termico: la prima viene effettuata mediante impianto continuo (pre-sterilizzazione) del tipo descritto per il trattamento UHT mentre la seconda consiste nel trattamento finale del contenitore chiuso dopo riempimento e sigillatura del prodotto pre-sterilizzato. Il secondo trattamento termico avviene generalmente in autoclave a batch o in torre idrostatica continua a 109-120°C per 40-20 minuti con una fase finale di raffreddamento a pioggia.

Omogeneizzazione

Questa fase rientra generalmente nel trattamento continuo di pastorizzazione o di sterilizzazione. Viene effettuata nella gran parte dei casi mediante spinta forzata del latte attraverso una apposita valvola di omogeneizzazione utilizzando una pompa a pistoni a pressioni dell'ordine di 100-250 bar. Lo stress meccanico di laminatura e di cavitazione applicato ai globuli di grasso ne provoca la frantumazione e la riduzione a dimensioni omogenee dell'ordine di qualche micron. In questo modo è possibile ridurre la velocità di affioramento del grasso nei contenitori durante la vita di scaffale.

Confezionamento in imballaggio primario

Confezionamento del latte pastorizzato

Nel caso di produzione di latte pastorizzato, il confezionamento segue la fase di stoccaggio del latte, eventualmente standardizzato senza ulteriore trattamento termico.

Il confezionamento avviene mediante macchine in condizioni igieniche in contenitori preformati o formati immediatamente prima del confezionamento stesso.

Confezionamento asettico

Il confezionamento asettico avviene in linea con il trattamento UHT, fuori del contatto con l'atmosfera esterna, in apposite macchine confezionatrici per la produzione di contenitori flessibili in poliaccoppiato a base carta, previa sterilizzazione del materiale da imballaggio con perossido di idrogeno o in bottiglie multistrato in materiale plastico.

Durante la fase di confezionamento avviene il prelievo di campioni destinati ai controlli chimico-fisici e di stabilità microbiologica, oltre che per la verifica del rispetto delle norme metrologiche.

Confezionamento e trattamento finale dei prodotti sterilizzati in contenitore chiuso

Le modalità di confezionamento per questa tipologia di prodotti è stata descritta all'interno della fase di trattamento termico.

Imballaggio secondario

I contenitori ottenuti dalla fase precedente, convogliati alla *downline* mediante nastri trasportatori, vengono immessi in contenitori di cartone e/o termoretraibile e avviati alla pallettizzazione.

Imballaggio terziario (pallettizzazione)

L'assemblaggio su pallet (normalmente in legno) per strati sovrapposti delle confezioni primarie o secondarie avviene mediante sistemi automatizzati. Talvolta, ove necessario, il sistema provvede anche al successivo avvolgimento con film estensibile con lo scopo di ottenere protezione dagli agenti esterni (es. umidità) e di contribuire al mantenimento della stabilità dell'assemblaggio. I pallets vengono movimentati mediante rulliere, robot, carrelli a forche manuali o automatici.

Stoccaggio

Lo stoccaggio avviene in magazzino a temperatura ambiente o in ambiente frigorifero a temperatura controllata, al fine di evitare alterazioni chimico-fisiche o batteriologiche. Le condizioni dipendono dalla tipologia e dalla composizione dei prodotti.

Il sistema di magazzinaggio può prevedere l'utilizzo di sistemi automatizzati di carico/scarico.

I prodotti pastorizzati vengono stoccati per legge in magazzino refrigerato da 0 a +4°C.

Spedizione

Le operazioni di spedizione consistono nel prelievo dei prodotti dalle zone di magazzinaggio a temperatura ambiente o da zona refrigerata seguita dal carico su mezzi di trasporto idonei.

Materie prime impiegate

- Latte
- Altri ingredienti per tutti i prodotti a base di latte (cacao, panna, farina, sale, amidi, zucchero, vitamine, ecc..)
- Imballaggi

Materiali ausiliari

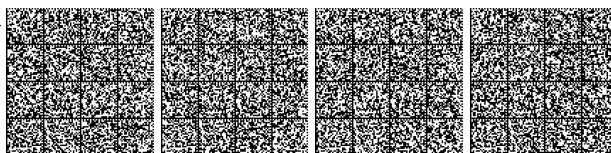
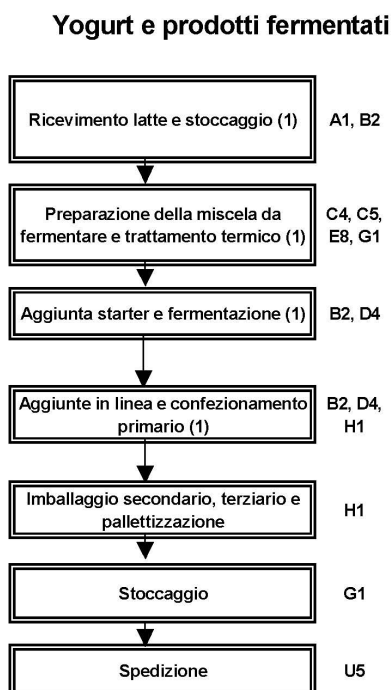
- Soluzioni alcaline
- Soluzioni acide
- Detergenti
- Disinfettanti
- Lubrificanti
- Liquidi refrigeranti

Produzione di yogurt e di prodotti fermentati similari

Diagramma di Flusso e Fasi del Processo dello stabilimento tipo nel caso di produzione di yogurt

Risorse			Emissioni					
EE	ET	AQ	AQ	AR	OD	Ri	Ru	
2	2	3	3	1	0	0	2	14%
3	4	3	3	2	0	1	3	20%
2	4	4	4	0	0	1	1	17%
								0%
4	4	4	4	0	0	3	2	22%
								0%
4	1	1	1	0	0	3	2	13%
4	0	1	1	0	0	0	0	6%
2	0	1	1	1	0	1	1	7%
22%	16%	18%	18%	4%	0%	10%	12%	

(1) Gli alti consumi di acqua ed energia termica in queste fasi sono dovuti alle operazioni di pulizia e sanificazione

Legenda			
	Risorse	EE	energia elettrica
		ET	energia termica
		AQ	acqua
	Emissioni	AQ	effluenti idrici
		AR	emissioni in aria
		OD	odori
		RI	rifiuti
		RU	rumore

A ciascuno di questi è stato attribuito un livello di significatività variabile da 0 a 5, laddove a ciascun livello è stato attribuito il seguente valore:
- 0 = nessun impatto
- 1 = impatto non significativo
- 2 = impatto debole
- 3 = impatto medio
- 4 = impatto significativo
- 5 = impatto forte

Descrizione delle operazioni rilevanti ai fini dell'IPPC.

Nel presente paragrafo sono descritte le principali fasi produttive relative alla produzione di yogurt e di prodotti fermentati similari. Per facilitare la lettura, le fasi produttive descritte sono riassunte in uno schema di flusso in calce al capitolo.
Le fasi produttive specifiche hanno inizio a partire dal latte semilavorato stoccato in cisterna, raffreddato e standardizzato nei componenti. La titolazione può anche essere effettuata a ciclo continuo mediante appositi impianti di miscelazione in linea.

Preparazione della miscela da fermentare
Il latte di partenza può essere miscelato con gli altri ingredienti eventualmente previsti (es. zucchero).

Trattamento termico
La base lattea così costituita viene trattata termicamente a temperatura elevata, secondo buona tecnica industriale, ed immessa in fermentatori di acciaio inox ove viene portata alla temperatura ottimale per lo sviluppo dei ceppi microbici tipici dello yogurt. Il trattamento termico può avvenire anche all'interno degli impianti di fermentazione.

Aggiunta delle colture starter e fermentazione
Yogurt brassè
Alla base lattea contenuta nei fermentatori viene aggiunta la coltura microbica starter specifica, nella forma più opportuna.
Avviene quindi l'acidificazione della miscela ad opera della flora specifica impiegata, con trasformazione più o meno spinta del lattosio in acido lattico e conseguente abbassamento del pH.
Al termine della fermentazione, raggiunti i valori di acidità prefissati, l'attività di fermentazione viene interrotta mediante raffreddamento ed il prodotto viene avviato al confezionamento dopo rottura del coagulo a temperatura controllata.
Yogurt a coagulo intero
Alla base lattea, eventualmente aggiunta di altri ingredienti e trattata termicamente, vengono aggiunti i fermenti e si procede al campionamento. Il prodotto confezionato viene incubato alla temperatura di fermentazione fino a coagulazione e quindi si procede alla refrigerazione in cella frigorifera.

Aggiunte in linea
Lungo la linea di confezionamento può essere effettuata l'aggiunta e la miscelazione di ulteriori ingredienti (tipicamente frutta microbiologicamente stabilizzata). L'aggiunta avviene mediante pompe dosatrici volumetriche avendo cautela ad evitare ogni ricontaminazione del prodotto (con particolare riferimento a muffe e lieviti).

Confezionamento
Il confezionamento avviene normalmente mediante macchine in condizioni igieniche a partire da vasetti preformati, opportunamente sanificati, riempiti e sigillati.
Durante la fase di confezionamento avviene il prelievo di campioni destinati ai controlli chimico-fisici, microbiologici ed organolettici, oltre che per la verifica del rispetto delle norme metrologiche.

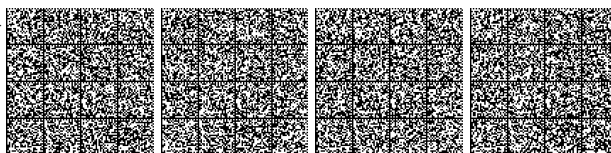
Imballaggio secondario e terziario
I contenitori ottenuti dalla fase precedente, convogliati alla *downline* mediante nastri trasportatori, vengono, se del caso, assemblati in cluster a due o più pezzi costituenti l'unità di vendita, eventualmente immessi in imballaggi secondari (es. cartoni) e terziari (pallets).

Pallettizzazione
L'assemblaggio su pallet (normalmente in legno) per strati sovrapposti avviene mediante sistemi automatizzati che provvedono, ove necessario, anche al successivo avvolgimento con film estensibile con lo scopo di ottenere protezione dagli agenti esterni (es. umidità e polvere) e di contribuire al mantenimento della stabilità dell'assemblaggio. I pallets vengono movimentati mediante rulliere, robot, carrelli a forche manuali o automatici

Stoccaggio
Lo stoccaggio avviene in magazzino refrigerato alla temperatura di 0-4°C.

Spedizione
La spedizione del prodotto idoneo alla commercializzazione avviene con prelievo dei pallets contenenti il prodotto finito dalle zone di magazzinaggio a bassa temperatura, seguito dal carico sui mezzi di trasporto dotati di isolamento termico e di sistema frigorifero.

Materie prime
- Latte
- Colture starter specifiche
- Altri ingredienti (frutta, zucchero, dolcificanti, ecc..)
- Imballaggi

Materiali ausiliari
- Basi
- Acidi
- Detergenti
- Disinfettanti
- Lubrificanti
- Liquidi refrigeranti

Aspetti ambientali del settore lattiero caseario

In questa sezione sono presentate in forma sintetica informazioni riguardanti i principali comparti ambientali su cui le lavorazioni del settore lattiero caseario producono impatti significativi viene quindi condotta una valutazione di carattere qualitativo sul livello di significatività di ciascuno in relazione alle diverse fasi produttive e, infine, vengono illustrati i livelli attuali di prestazioni registrati nel settore per i principali indicatori in uso.

Comparto acque

Le acque prelevate e scaricate costituiscono il comparto ambientale di maggior rilevanza per le imprese del settore, a causa delle limitate capacità di riciclo delle acque prelevate. Infatti, si può operare in tal senso unicamente su quelle utilizzate a scopo industriale (raffreddamento, condense da produzione di vapore, ecc.). Al contrario, le acque impiegate nel processo produttivo, a contatto con i prodotti, devono sottostare a precise norme di carattere igienico-sanitario (Direttiva CEE 80/778) in quanto destinate al consumo umano.

I requisiti di qualità richiesti rendono quindi difficile, al momento, il riciclo delle stesse, con conseguente loro immissione nei relativi corpi recettori: fognature, acque superficiali, previo eventuale trattamento.

Per quanto riguarda i reflui, i parametri di maggior criticità sono quelli inerenti l'inquinamento di carattere organico proveniente dalla lavorazione del latte: BOD_5, COD e solidi sospesi sono quelli di maggior rilevanza.

Un discorso a parte merita il pH, che può essere influenzato non solo dalle modalità operative della lavorazione suddetta, ma anche gli effetti derivanti dalle attività di sanificazione e pulizia. Da qui l'importanza di un controllo rigoroso del parametro citato, unitamente alla verifica della concentrazione delle sostanze utilizzate nelle fasi di pulizia (NaOH, HNO_3, detergenti).

Comparto rifiuti

Le problematiche che riguardano il comparto in questione sono generalmente riferite alla gestione dei Rifiuti Speciali Assimilabili agli Urbani (RSAU) e ai fanghi dell'impianto di depurazione delle acque reflue.

RSAU

Trattasi di residui provenienti dalle seguenti operazioni: disimballaggio delle materie prime, confezionamento dei prodotti finiti, movimentazione dei materiali. Le tipologie sono le seguenti: carta/cartoni, legno, film plastici, metalli, vetro.

Tali materiali sono particolarmente richiesti dai recuperatori/riciclatori; per questa ragione da anni è stato attuato, presso molte unità produttive, un sistema di raccolta differenziata dei rifiuti di imballaggio "puliti".

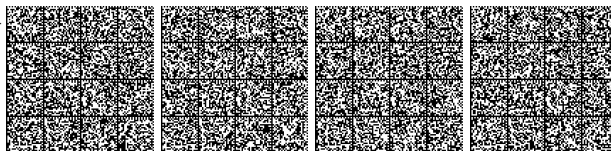
Il conferimento alle attività di recupero incide positivamente in termini di "benefici ambientali", sottraendo quantità di potenziali RSAU allo smaltimento nelle discariche e comunque producendo benefici economici.

Fanghi

Provengono dalle operazioni di trattamento di depurazione delle acque reflue scaricate successivamente in corpo recettore. Come indicato nel capitolo B relativo alla normativa ambientale, i fanghi da trattamento biologico, quando presentano i requisiti previsti, vengono destinati all'utilizzo in agricoltura, tramite spandimento diretto o compostaggio.

Rifiuti di laboratorio

Trattasi di quantità molto ridotte di residui appartenenti essenzialmente a due tipologie:

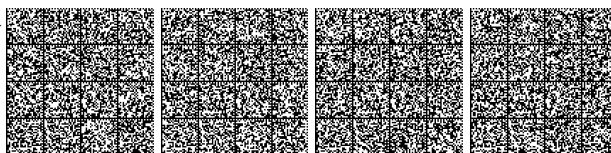
1. reagenti e soluzioni esauste;
2. capsule di "Petri" provenienti da laboratorio microbiologico e materiale a perdere.

Rifiuti da operazioni di manutenzione e riparazione
Sono costituiti principalmente da oli interi ed emulsionati esausti, lampade al neon, batterie, rottami.
Co-prodotti e sottoprodotti
Nell'ambito delle lavorazioni del settore lattiero-caseario sono presenti co-prodotti e sottoprodotti.
Questi ultimi vengono usualmente conferiti ad utilizzo zootecnico come "materie prime per mangimi"; la corretta gestione di questi materiali è importante in quanto permette il raggiungimento dei seguenti obiettivi.

- Presenza di un mercato consolidatosi ormai da anni che ne consente l'utilizzo riducendo la quantità di rifiuti prodotti dal ciclo produttivo.
- Un flusso economico positivo sia per le aziende che per gli allevatori, che sono così in grado di reperire "materie prime per mangimi destinate alla alimentazione diretta" ad un basso costo.

Comparto aria
Le emissioni in atmosfera sono dovute prevalentemente agli impianti di combustione delle centrali termiche, per la produzione di vapore a scopo industriale o per il riscaldamento. Se il combustibile utilizzato è il metano, gli inquinanti da tenere sotto controllo sono prevalentemente il CO e gli NO_x. In presenza di impiego di oli combustibili, come inquinanti devono essere presi in considerazione anche le polveri e gli SO_x.
Ammoniaca
Utilizzata negli impianti frigoriferi come fluido frigorigeno, in condizioni di normale funzionamento non presenta problemi particolari per l'ambiente in quanto circolante in "ciclo chiuso". Fenomeni di inquinamento possono verificarsi in caso di rilascio in atmosfera a causa di danneggiamenti, anomalie degli impianti, sovrapressioni. Per questa ragione, ed anche in considerazione della tossicità dell'ammoniaca, gli impianti frigoriferi industriali sono soggetti a particolari norme tecniche che definiscono i requisiti di sicurezza delle apparecchiature e le condizioni ambientali.
Freon
Un discorso analogo, connesso agli effetti dannosi sulla fascia d'ozono, può essere formulato per quanto riguarda il freon presente negli impianti di refrigerazione dei locali.

Rumore
Le lavorazioni condotte all'interno di uno stabilimento lattiero-caseario non incidono particolarmente sul rumore esterno. Ciò detto, è comunque difficile dare un'indicazione di massima in quanto l'impatto di questo comparto ambientale è fortemente influenzato dalla classificazione del territorio, eseguita dai comuni ai sensi del DPCM 14/11/1997. Gli interventi tecnici che si dovranno eventualmente predisporre dovranno tener conto quindi dell'ubicazione geografica dello stabilimento.
Le attrezzature con maggiore impatto risultano comunque essere:

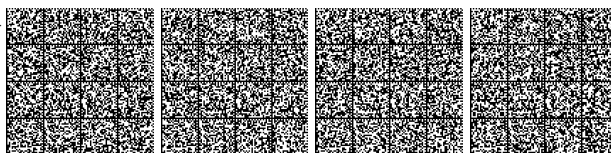
- le scrematrici e le pulitrici;
- i compressori ubicati nelle centrali frigorifere e nelle centrali per la produzione dell'aria compressa;
- gli impianti presenti nelle centrali termiche.

Suolo ed acque sotterranee
L'impatto delle lavorazioni sul suolo e sulle acque di falda è praticamente nullo nelle normali condizioni di lavoro. Possono verificarsi forme di inquinamento dovute unicamente a

fuoriuscite incontrollate dai serbatoi di stoccaggio, dalle tubazioni di convogliamento oppure durante le operazioni di carico.
Alcuni prodotti sono usualmente stoccati in serbatoi pallettizzati da 1000 litri in plastica, trasportabili con carrello elevatore. In tal caso il rischio è legato alla possibilità di un incidente che determini la rottura del serbatoio e il conseguente spandimento delle sostanze in esso contenute. Anche in questo caso esistono precise norme tecniche che dettano le caratteristiche dei sistemi di contenimento, intercettazione o convogliamento delle sostanze in caso di perdite, rotture, emergenze.

Sostanze pericolose
PCB/PCT
Può sussistere la presenza di apparecchiature elettriche contenenti PCB/PCT. In merito vengono applicate le metodologie di controllo e di gestione previste dalla normativa vigente.
Amianto
Possono essere presenti materiali contenenti amianto nelle coperture dei tetti e in alcune coibentazioni. Anche in questo caso, i controlli periodici vengono effettuati in conformità con le norme vigenti.

Comparto energia
I consumi energetici delle lavorazioni presenti nello stabilimento lattiero-caseario non sono paragonabili a quelli di altri settori, a causa delle specifiche caratteristiche delle lavorazioni che vi si realizzano. Tuttavia, il dispendio energetico, a parità di tipi di produzione, è fortemente influenzato da diversi fattori quali:

- le scelte tecnologiche in funzione delle caratteristiche dei prodotti finiti;
- la modalità di gestione delle attività produttive.

Pertanto, all'interno degli insediamenti produttivi possono sussistere differenze sostanziali nei consumi energetici, anche in reparti con lavorazioni abbastanza simili.

Emissioni e consumi dell'industria lattiero casearia

In questo paragrafo vengono definiti gli indicatori ambientali più significativi nel settore lattiero-caseario.
Nell'analisi sono stati presi in considerazione quelli che caratterizzano le emissioni delle lavorazioni presenti nel settore lattiero caseario.
Le tabelle seguenti mostrano dati rappresentativi del segmento produttivo e non necessariamente coincidono con la singola realtà aziendale.
Gli indicatori sono stati calcolati in base al rapporto esistente tra le quantità di ciascuna tipologia di effluenti e le quantità di latte ricevuto "t".

ENERGIA

Energia elettrica	GJ/t	0,2 - 0,6 (Kwh/t da 70 a 150)
Energia termica	GJ/t	0,7 - 1,3 (Kwh/t da 200 a 350)

EMISSIONI IN ATMOSFERA

CO_2	kg/t	80 - 120
Nox	kg/t	0,6 - 0,7

ACQUE

H_2O prelevata	m^3/t	8 - 10
H_2O scaricata	m^3/t	5,5 - 8
kwh $_{dep}$/t		10 - 14
kwh $_{dep}$/kg COD		1,2 - 1,8
Fanghi	kg/t	15 - 24
BOD_5	kg/t	5 - 8
COD	kg/t	8 - 13
Solidi sospesi	kg/t	2,5 - 5

RIFIUTI

rifiuti prodotti	kg/t	6 - 12
		20 - 35 (inclusi fanghi da impianto di depurazione acque)

percentuale quantità rifiuti recuperati/totale rifiuti prodotti:
da 25% a 40%, esclusi i fanghi da impianto di depurazione acque

Le principali tipologie di rifiuti da imballaggio avviati al recupero sono così costituite:

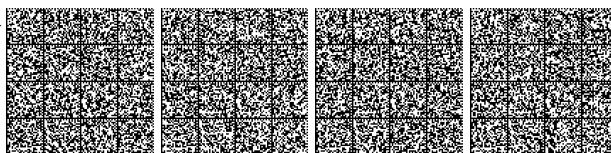
- Carta/cartone
- Metalli
- Plastica
- Legno
- Vetro

Settore gelati

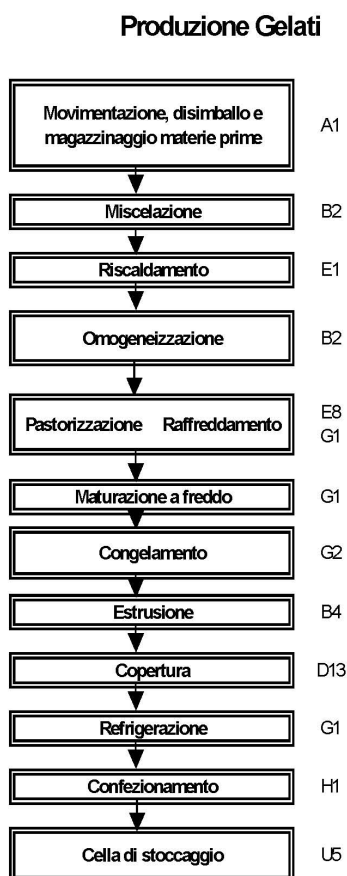
Nel Bref comunitario è stata data una particolare importanza alle operazioni unitarie, cercando in tal modo una correlazione trasversale alle numerose e spesso del tutto differenti tecniche di produzione del settore alimentare. Nel presente capitolo è stato assunto come esempio di riferimento uno stabilimento del settore di produzione del gelato rispondente in termini dimensionali ai limiti minimi di applicazione fissati dalla direttiva CE/96/61 come recepita dal D. Lgs. 372/99 (75 ton/giorno di prodotto finito di origine animale; 300 ton/giorno di origine vegetale, calcolati su base trimestrale).

Il gelato è un prodotto a base latte i cui costituenti tipici sono: 6-12% grasso, 7,5-11,5% solidi di latte (non grassi) ed il 13-18% zucchero. Normalmente vengono aggiunti anche stabilizzanti, emulsionanti, coloranti ed aromi. Lo zucchero utilizzato è usualmente saccarosio, mentre i solidi di latte non grassi provengono essenzialmente da latte scremato. La materia prima grassa può essere latte, panna, burro. Molti gelati contengono grassi vegetali. Gli ingredienti sono miscelati, riscaldati a circa 70 - 75 °C ed omogeneizzati. La miscela viene, poi, pastorizzata ad una temperatura di 80 - 85 °C per 2 - 15 secondi prima di essere raffreddata e lasciata "maturare" a temperatura controllata per 4 - 24 ore. Coloranti ed aromi vengono aggiunti durante la fase di maturazione. La miscela, dopo maturazione, viene rapidamente a raffreddata a circa - 6 °C mediante scambiatori denominati "freezers"; in questa fase, viene introdotta aria compressa sterile. L'incremento di volume dovuto all'introduzione di aria è noto con il nome di "over-run". Il gelato viene, quindi, dosato nei contenitori ed ulteriormente congelato in tunnel di raffreddamento che lavorano ad una temperatura di -30/-40 °C.

Descrizione dei processi e tecniche dello stabilimento tipo per la produzione di gelato.

Nel presente paragrafo sono descritte le principali fasi di processo relative alla produzione del gelato. Per facilitare la lettura, le fasi produttive sono riassunte in uno schema a blocchi cercando di inquadrare le operazioni unitarie specifiche della produzione del gelato, e al tempo stesso rilevanti ai fini dell'IPPC. Nello schema a blocchi, ad ogni fase del processo è stata assegnata una "sigla" che permette il collegamento alle operazioni unitarie stabilite nella tabella di seguito riportata.

Operazioni unitarie e tecniche utilizzate nella produzione del gelato.

No.	Operazioni unitarie / tecniche
A.1	**Movimentazione, disimballo e magazzinaggio materie prime**
B.2	**Miscelazione, omogeneizzazione**
B.4	**Estrusione**
D.13	**Copertura**
E.1	**Riscaldamento**
E.8	**Pastorizzazione**
G.1	**Raffreddamento, maturazione a freddo, refrigerazione**
G.2	**Congelamento**
H.1	**Confezionamento**
U.1	**Pulizia, sanificazione, disinfezione**
U.2	**Produzione e consumo di energia**
U.3	**Trattamento acque primarie**
U.5	**Refrigerazione**

Schema a blocchi generale

Risorse			Emissioni					
EE	ET	AQ	AQ	AR	OD	Ri	Ru	
1	0	0	0	1	0	1	0	4%
2	0	2	1	1	0	1	0	9%
2	1	2	0	0	0	0	0	6%
2	0	1	0	0	0	0	0	4%
2	1	2	1	0	0	0	0	8%
3	1	3	2	0	0	2	0	14%
4	1	0	1	0	0	2	0	10%
2	1	1	1	0	0	1	0	8%
1	1	0	0	0	0	2	0	5%
4	2	4	0	2	0	2	0	18%
2	0	1	1	0	0	2	0	8%
3	2	1	0	0	0	1	0	9%
35%	13%	**21%**	9%	5%	0%	**18%**	0%	

Descrizione delle operazioni rilevanti ai fini dell'IPPC.

Ricevimento materie prime ed imballaggi (A1)

Ricevimento materie prime mediante autocisterna

Le materie prime liquide (quali ad esempio panna, succhi di frutta, oli, coperture, etc.) pervengono, mediante autocisterne coibentate, allo stabilimento dove vengono scaricate e stoccate in serbatoi specifici in sala a temperatura controllata oppure in sala calda.
Alcune materie prime solide (quali ad esempio: zucchero, latte in polvere, etc.) arrivano anch'esse in cisterne e sono scaricate mediante tubazioni a flusso pneumatico nei sili di stoccaggio.

Trasporto

Il trasporto in autocisterne coibentate avviene in genere per le materie prime liquide che necessitano di raffreddamento, ad una temperatura di circa 5 - 10 °C, in modo da limitare lo sviluppo di microrganismi che potrebbero compromettere la salubrità del materiale e/o le caratteristiche organolettiche e chimico-fisiche.
Al contrario grassi e coperture necessitano di una temperatura di 35 - 50 °C per il trasporto al fine di consentirne lo scarico una volta giunti a destinazione. In particolare per il burro, la cisterna va caricata e pressurizzata con atmosfera inerte al fine di impedirne l'irrancidimento.

Pesatura

All'arrivo in stabilimento l'autocisterna viene pesata piena e, dopo lo scarico, vuota, al fine di determinare, per via gravimetrica, la quantità di materiale trasportata.

Scarico e stoccaggio

Lo scarico delle materie prime liquide avviene per mezzo di tubazioni e pompe ed il materiale è inviato ai serbatoi di stoccaggio che, in funzione della tipologia del materiale, si trovano in un ambiente refrigerato ad una temperatura controllata di 5 - 10 °C oppure in un ambiente riscaldato ad una temperatura di 35 - 50 °C. In alcuni casi (ad esempio panna o latte) può essere necessaria una fase di pastorizzazione durante la fase di scarico al fine di prevenire un eventuale reinquinamento. Il periodo di stoccaggio può variare in funzione delle caratteristiche degli impianti e dell'impostazione tecnologica; in particolare, per il burro, lo stoccaggio avviene in serbatoi pressurizzati con atmosfera inerte.
Le materie prime solide, invece, vengono scaricate con sistemi di trasporto pneumatico ed inviate all'interno dei silos di stoccaggio che si trovano a temperatura ambiente. Anche in questo caso il tempo di stoccaggio varia in funzione del materiale.
Durante l'operazione di scarico vengono eseguiti gli opportuni campionamenti per la determinazione delle caratteristiche chimico-fisiche ed organolettiche.

Ricevimento materie prime ed imballaggi in pallets

Le materie prime, oltre che in autocisterna, possono arrivare in pallets, cisternette, big bags, etc. (ad esempio: uova, granelle, cialde, etc.), non escluse quelle precedentemente menzionate qualora le quantità siano ridotte. Come nel caso precedente, i materiali che necessitano di trasporto a temperatura controllata vengono stoccati nelle apposite sale a temperatura controllata. Le materie prime in polvere, che arrivano essenzialmente in big bags, vengono scaricate manualmente mediante tramogge nei relativi sili di stoccaggio a temperatura ambiente.
Imballaggi e materie prime, che arrivano in pallets, vengono stoccati negli appositi spazi di magazzino sempre a temperatura ambiente.
La movimentazione dei suddetti materiali avviene mediante rulliere, carrelli a forche manuali od automatici.
Anche in questo caso, nel corso della fase di scarico, si procede al campionamento dei materiali al fine di valutarne l'idoneità all'utilizzo.

Preparazione semilavorato
Nell'area di preparazione della miscela, gli ingredienti, attraverso le fasi di pesatura, miscelazione, omogeneizzazione e pastorizzazione, sono trasformati in semilavorati ed inviati in appositi serbatoi nella sala di maturazione a temperatura controllata.
Di seguito sono descritti sinteticamente i vari sottoprocessi, tenendo conto che l'insieme di dette fasi costituisce il processo continuo della produzione del semilavorato.
Pesatura
Le materie prime in polvere, mediante trasporto pneumatico, vengono trasferite in sili giornalieri, mentre i "piccoli ingredienti" vengono caricati manualmente in piccoli silos della capacità massima pari ad un turno di lavoro.
Dai sili giornalieri, le quantità previste dalle ricette vengono dosate per mezzo di bilance con celle di carico e scaricate negli appositi miscelatori.
Le materie prime liquide, invece, mediante pompe e tubazioni vengono inviate direttamente sulle bilance con celle di carico e le quantità, dosate per via gravimetrica, vengono poi scaricate nei suddetti miscelatori.

*Miscelazione/Riscaldamento **(B2 / E1)***
Nei miscelatori, gli ingredienti vengono intimamente mescolati a formare un'emulsione che è inviata alle successive fasi di omogeneizzazione e pastorizzazione.
La temperatura di circa 60 - 75 °C garantisce la giusta dispersione degli stabilizzanti previamente addizionati.

*Omogeneizzazione **(B2)***
Questa fase rientra generalmente nel trattamento continuo di pastorizzazione della miscela sopra descritta. Viene effettuata nella gran parte dei casi mediante spinta forzata della miscela attraverso una apposita valvola di omogeneizzazione, utilizzando una pompa volumetrica a pistoni sino a pressioni dell'ordine di 50 - 170 bar. Lo stress meccanico di laminatura e di cavitazione applicato ai globuli di grasso ne provoca la frantumazione e la riduzione a dimensioni omogenee dell'ordine di qualche micron.

*Pastorizzazione/Raffreddamento **(E8 /G1)***
Quest'operazione ha lo scopo di eliminare i micro-organismi patogeni dannosi per la salute umana ed abbattere la carica microbica presente. Solitamente la pastorizzazione avviene per trattamento termico in scambiatori di calore a piastre, a recupero di calore, con temperature minime di 80 - 85 °C ed un tempo di sosta di almeno 2 - 15 secondi. Successivamente viene effettuato un raffreddamento a temperatura inferiore a 6°C.

*Maturazione a freddo **(G1)***
Al fine di conservare le caratteristiche microbiologiche della miscela gelato così preparata, essa viene stoccata in serbatoi in acciaio inossidabile a freddo, in una sala a temperatura controllata in modo tale da mantenere le temperature di raffreddamento ottenute in uscita dalla fase di pastorizzazione,.
Il tempo di maturazione può variare da un minimo di 4 ore ad un massimo di 24 ore, in modo da ottenere una parziale cristallizzazione del grasso e la completa idratazione degli stabilizzanti.
E' in questa fase che, usualmente, vengono aggiunti coloranti ed aromi ed eseguito il prelievo dei campioni destinati ai controlli chimico-fisici, microbiologici ed organolettici.

Realizzazione del prodotto
Nell'area di produzione, la realizzazione del prodotto, oltre alle comuni fasi di congelamento ed estrusione, può comprendere anche le fasi di *copertura (spraying/enrobing/dipping)*, l'aggiunta di ingredienti in linea e la refrigerazione. Di seguito sono riassunte le caratteristiche principali dei vari sottoprocessi.

Congelamento (G2)
Il congelamento è eseguito mediante una serie di scambiatori di calore denominati "freezers" nei quali il semilavorato, alimentato mediante tubazioni e pompe, viene rapidamente raffreddato, in modo continuo, ad una temperatura nell'intorno dei -6 °C o più bassa.
In questa fase si ha la trasformazione di parte dell'acqua libera in cristalli di ghiaccio della dimensione di circa 20 μm e l'introduzione di aria compressa sterile sotto forma di piccole bolle con dimensioni di circa 30 - 50 μm. L'aumento di volume, dovuto all'introduzione di aria, è nota sotto il nome di "over-run".
La conseguente distribuzione uniforme dei cristalli di ghiaccio formatisi e delle bolle d'aria nella matrice conferisce al semilavorato la necessaria struttura per la successiva fase di estrusione e formatura e le caratteristiche di cremosità proprie del prodotto finito.

Estrusione/Formatura (B4)
Il "gelato", in uscita dal freezer, viene inviato a mezzo di tubazioni in acciaio inossidabile sulla linea di produzione per essere estruso alla temperatura precedentemente riportata di -6°C o più bassa.
L'estrusione può essere realizzata con valvole oppure con sistemi di dosaggio volumetrici direttamente nell'imballaggio primario; mentre, in genere, per i prodotti su stecca, il gelato è dosato in appositi stampi che conferiscono al prodotto la forma desiderata.

Copertura (D13)
Spesso il prodotto finito presenta una copertura di cioccolato che viene realizzata per immersione in bagni di cioccolato liquido oppure mediante tecniche di spraying o enrobing.
In tutti i casi, per garantirne un'uniforme distribuzione sulla superficie del prodotto, il cioccolato è tenuto ad una temperatura nell'intorno dei 40 °C circa, mentre la viscosità può variare in funzione del tipo di materiale adoperato.
Non è inusuale che in tale fase vengono addizionati direttamente nel bagno di cioccolato eventuali decorazioni del prodotto quali granelle di nocciole, etc. Tale operazione può essere condotta anche in una successiva fase, immediatamente a valle del bagno di cioccolato, per immersione del prodotto in vaschette contenenti la decorazione predefinita.

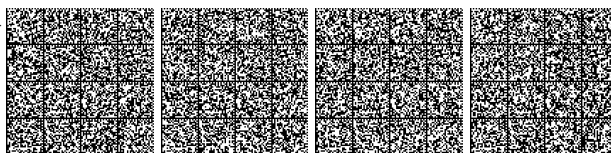
Aggiunte in linea
Lungo la linea di confezionamento può essere effettuata l'aggiunta di ulteriori ingredienti, tipicamente frutta (microbiologicamente stabilizzata) e granelle di frutta secca per decorazioni ed inclusioni. Il dosaggio di tali ingredienti avviene con sistemi gravimetrici e/o volumetrici avendo cura di evitare ogni ricontaminazione del prodotto (con particolare riferimento a lieviti e muffe). Per prodotti allo yogurt, tale ingrediente è aggiunto mediante pompe volumetriche dosatrici.

Refrigerazione (G1)
Il gelato, dopo le fasi prima descritte, è inviato ad un'ulteriore fase di raffreddamento nota con il nome di "*hardening*" che avviene in scambiatori denominati "*tunnels*" che lavorano ad una temperatura compresa tra -30 e -40 °C. Tale fase consente al prodotto di raggiungere una temperatura sufficiente per la successiva fase di confezionamento senza alterazioni delle qualità organolettiche, chimico-fisiche e microbiologiche.
Nel caso di prodotti su stecca, l'hardening avviene per immersione degli stampi in bagni di salamoia alla temperatura prima citata.

Confezionamento (H.1)
Come precedentemente descritto, l'immissione del gelato nell'imballaggio primario, alimentato direttamente dal magazzino, può avvenire già nella fase di estrusione, in modo da consentire al prodotto di assumere la forma finale desiderata e stabilizzata con la successiva fase di hardening. Nel caso dei prodotti su stecca, invece, il confezionamento nell'imballaggio primario (di solito costituito da incarti) è effettuato dopo la fase di hardening, a mezzo di macchine di confezionamento in grado di preservarne le condizioni igieniche finali.
I contenitori ottenuti vengono convogliati, a mezzo di nastri trasportatori, alla successiva fase di inscatolamento, dove vengono immessi in astucci e/o scatole con sistemi automatici oppure manuali. Durante tale fase vengono prelevati i campioni per i controlli chimico-fisici, microbiologici e sensoriali. Scatole ed astucci sono poi assemblati in cluster di due o più che costituiscono l'unità di vendita (imballaggio secondario).
L'assemblaggio su pallet (imballaggio terziario), con sistemi automatici o manuali, è realizzato per strati sovrapposti e prevede, in genere, un successivo avvolgimento con film estensibile allo scopo di proteggere dagli agenti esterni (es: umidità, polvere, etc.) e di contribuire al mantenimento della stabilità dell'assemblaggio.

Stoccaggio in cella frigorifera (U.5)
I pallets, movimentati a mezzo di rulliere, carrelli a forche automatiche o manuali, sono inviati allo stoccaggio in un magazzino refrigerato ad una temperatura dai -18 ai -30 °C, in cui sostano per un tempo sufficientemente lungo da garantire la stabilizzazione del prodotto alla temperatura idonea al trasporto, secondo la normativa in vigore. Il periodo, noto comunemente con il termine di "*hardening*" varia in funzione della tipologia del prodotto e della tecnologia utilizzata.

Materie prime impiegate
Un elenco esaustivo di tutte le materie prime e prodotti utilizzati risulta difficile, per cui si è seguito il criterio di riportare, in modo prioritario, solo le materie prime e le sostanze utilizzate in quantità elevate e "rilevanti" dal punto di vista ambientale.
Materie prime di processo
- Latte e derivati
- Grassi vegetali
- Grassi animali
- Zuccheri (saccarosio)
- Zuccheri invertiti
- Farine
- Cacao
- Cioccolato
- Nocciole e/o granelle di frutta secca
- Frutta e/o paste a base di frutta
- Uova
- Aromi e coloranti
- Altri ingredienti: stabilizzanti, emulsionanti, materiali per decorazione e/o inclusioni (ad esempio: scagliette di cioccolato, prodotti da forno, etc.)

Materie prime di servizio
- Detergenti e Sanitizzanti
- Acidi
- Alcali
- Imballaggi

Emissioni e consumi del settore gelati

In questo paragrafo vengono definiti gli indicatori ambientali più significativi nel settore.
Nel'analisi sono stati presi in considerazione quelli che caratterizzano le emissioni delle lavorazioni presenti nel settore.
Le tabelle seguenti mostrano dati rappresentativi del segmento produttivo e non necessariamente coincidono con la singola realtà aziendale.
Gli indicatori sono stati calcolati in base al rapporto esistente tra le quantità di ciascuna tipologia di effluenti e le quantità di prodotto .

ENERGIA

Energia elettrica	GJ/Lton[1]	0,6 - 3,0
Energia termica	GJ/Lton	1,4 - 7,0

EMISSIONI IN ATMOSFERA

CO_2	kg/Lton	80 - 300
NOx	kg/Lton	0,1 - 0,5

ACQUE

H_2O prelevata	m^3/Lton	10 - 100
kwh dep/Lton		15 - 20
kwh dep/kg COD		30 - 45 (dati relativi allo scarico finale depurato)
kg fanghi/Lton		10 - 25
BOD_5	kg/Lton	0,3 - 10 (dati relativi allo scarico finale depurato)
COD	kg/Lton	1,0 - 30 (dati relativi allo scarico finale depurato)
Solidi sospesi	kg/Lton	1,5 - 5 (dati relativi allo scarico finale depurato)

RIFIUTI

Rifiuti prodotti	kg/ Lton	30 -150 (inclusi fanghi da depurazione acque)
percentuale quantità rifiuti recuperati (codice R)/totale rifiuti prodotti : ≥ 40% (inclusi fanghi da depurazione acque)		

Le principali tipologie di rifiuti da imballaggio avviati al recupero sono così costituite:

- Carta/cartone
- Metalli
- Plastica
- Legno
- Vetro

(1)

1 Lton = 1.000 litri di prodotto finito realizzato = ~ 633 Kg di prodotto finito realizzato
1 Kg di gelato = ~ 1,58 litri
1 litro di gelato = ~ 0,633 kg

Industria molitoria

I grani di frumento (il cui nome scientifico è cariossidi), macinati a semola o farina, sono gli ingredienti principali per la produzione di prodotti quali pasta, pane e biscotti.
La cariosside di frumento è composta da tre principali componenti: la cuticola esteriore (crusca), l'embrione (germe) e l'endosperma, che costituisce la maggior parte della cariosside.
Scopo del processo molitorio è la separazione dell'endosperma dalla crusca e dal germe. Le principali operazioni associate alla macinazione del grano sono: pulitura, condizionamento e macinazione (rottura, svestimento, rimacinazione).
Nello schema successivo sono indicate le principali operazioni unitarie.

No.	Operazioni unitarie / tecniche
A.1	**Movimentazione, disimballo e magazzinaggio materie prime**
A.2	**Selezione, vagliatura, cernita, sgusciatura**
B.3	**Macinazione.**
H.1	**Confezionamento, riempimento**
U.1	**Pulizia, sanificazione, disinfezione**
U.6	**Produzione di aria compressa**

Schema a blocchi di produzione

	Risorse			Emissioni					
	EE	ET	AQ	AQ	AR	OD	Ri	Ru	
A1	1	0	0	0	1	0	1	1	27%
A2	1	0	0	0	1	0	1	1	27%
B3	2	0	1	0	1	0	0	1	33%
A1	1	0	0	0	1	0	0	0	13%
	33%	0%	7%	0%	27%	0%	13%	20%	

Legenda			
Legenda	Risorse	EE	energia elettrica
		ET	energia termica
		AQ	acqua
	Emissioni	AQ	effluenti idrici
		AR	emissioni in aria
		OD	odori
		RI	rifiuti
		RU	rumore

A ciascuno di questi è stato attribuito un livello di significatività variabile da 0 a 5, laddove a ciascun livello è stato attribuito il seguente valore:
· 0 = nessun impatto
· 1 = impatto non significativo
· 2 = impatto debole
· 3 = impatto medio
· 4 = impatto significativo
· 5 = impatto forte

Descrizione delle operazioni rilevanti ai fini delle IPPC

Ricevimento materie prime (A1)
Il grano in ingresso viene trasferito ai sili prima di procedere alle successive operazioni.

Selezione, vagliatura, cernita, sgusciatura (A2)
Per prima cosa viene sottoposto ad operazioni di pulitura e pre-pulitura; questi processi rimuovono i materiali estranei, come altri cereali, pietre, contaminanti metallici, foraggio, strati di crusca, semi e polveri.

Condizionamento
Dopo la pulitura, le cariossidi vengono condizionate al fine di ottimizzare il processo molitorio. Il condizionamento consiste nell'elevare l'umidità del grano attraverso l'aggiunta di una quantità di acqua pari ad un valore compreso tra 1 e 5%.
Il condizionamento ha diverse funzioni, favorisce la separazione della crusca dall'endosperma, grazie all'indurimento della crusca, e permette una rottura dell'endosperma più efficace nelle seguenti fasi del processo.

Macinazione (B3)
Il grano condizionato passa alla macinazione che consiste in una serie di macinazioni successive e progressive realizzate tramite laminatoi, macchine costituite da una doppia coppia di rulli disposti orizzontalmente a distanza regolabile e con superfici opportunamente scanalate; tali rulli, che ruotano in senso contrario ed hanno velocità differenti, determinano la frantumazione dell'endosperma e lo stiramento delle particelle corticali esterne. Esistono tre tipi di laminatoi: i laminatoi di rottura, per aprire il chicco con azione di compressione, taglio e stiramento tra i rulli, i laminatoi di svestimento, per spogliare la semola dalle particelle cruscali ad essa aderenti, ed i laminatoi di rimacina, per ridurre la granulometria delle semole.
Dopo le fasi di rottura gli sfarinati vengono classificati in base alle dimensioni dei granuli tramite un macchinario vibrante formato da una serie di setacci (plansichter): l'endosperma tende infatti a frantumarsi e polverizzarsi facilmente, mentre le parti cruscali tendono ad allargarsi in forma di scaglie; l'operazione di separazione dei grani di puro endosperma (più pesanti) dai grani con aderenti particelle di crusca (più leggeri) viene effettuata da una macchina detta semolatrice.
Alla fine del processo di rimacina la maggior parte dell'endosperma è stata trasformata in semola (se ottenuta da grano duro) o farina, i pezzi grossi di crusca sono stati eliminati e si ottiene un terzo flusso di endosperma contenente crusca sottile e materiali che in pratica non possono essere separati. Possono esserci più di 10 fasi di rimacina all'interno del processo.

Confezionamento (H1)
La maggior parte della farina è consegnata in grandi volumi; una piccola quantità viene insacchettata per la consegna a panettieri ed altre aziende produttrici di alimenti.

Emissioni e consumi nel processo molitorio

In questo paragrafo vengono definiti gli indicatori ambientali più significativi per uno stabilimento molitorio con capacità produttiva superiore alle 300 t/g, nel settore.
Nel'analisi sono stati presi in considerazione quelli che caratterizzano le emissioni delle lavorazioni presenti nel settore.
Le tabelle seguenti mostrano dati rappresentativi del segmento produttivo e non necessariamente coincidono con la singola realtà aziendale.
Gli indicatori sono stati calcolati in base al rapporto esistente tra le quantità di ciascuna tipologia di effluenti e le quantità di grano macinato dal mulino.

ENERGIA

Il processo molitorio impiega solo energia elettrica; che viene utilizzata per il funzionamento di tutte le macchine presenti nel mulino.

Energia elettrica	GJ/t prodotto[10]	0,3 - 0,5 (80 - 140 kWh/t)

Il processo molitorio non impiega energia termica; l'unica energia termica utilizzata è quella legata al riscaldamento dei locali.

EMISSIONI IN ATMOSFERA

Le uniche emissioni in atmosfera sono generate dagli impianti di abbattimento delle polveri installati sui trasporti (grano e sfarinati) e sugli impianti di macinazione. La polvere viene raccolta in appositi filtri:
Polveri: 10-30 mg/Nmc*
*valori tipici a valle dei filtri d'abbattimento delle polveri

ACQUE

L'acqua viene impiegata per aumentare l'umidità del grano in percentuale dall'1-5%, in relazione all'umidità relativa del grano.

H_2O utilizzata	m^3/t	0,001-0,050

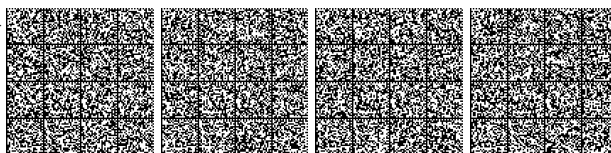
RIFIUTI

Il processo molitorio genera una trascurabile quantità di rifiuti durante la prepulitura, prevalentemente sassi e terriccio.

RUMORE ESTERNO

Il processo di macinazione è un processo che genera un livello di rumore interno significativo.

Indicare valori tipici di inquinamento acustico nell'ambiente esterno dovuti all'attività produttiva di uno stabilimento molitorio risulta particolarmente complesso.
Tale inquinamento dipende in gran parte dalla rumorosità dello stabilimento produttivo e dai materiali costituenti la struttura esterna, ma anche dall'ampiezza dell'area attorno al mulino stesso.
Il valori tipici variano tra 60 e 70 dB(A).

[10] Per completezza d'informazione il dato può anche essere espresso in riferimento al quantitativo di grano in ingresso a vale 0,25 – 0,4 GJ/t di grano lavorato (pari a circa 70 - 110 kWh/t)

L'industria della pasta

La pasta secca è uno dei prodotti tipici italiani. Gli ingredienti sono solo la semola e l'acqua nel caso della pasta di semola, la semola, l'acqua e l'uovo nel caso della pasta all'uovo. E' prodotta in differenti formati: pasta corta, lunga, lasagne o formati speciali.
I dati descrittivi del settore sono stime basate su rilevazioni statistiche mirate per i canali *Retail* e *Foodservice,* sui dati ISTAT, e sull'ultima edizione dell'"Annuario generale dell'Industria della pasta in Italia", pubblicato nel 1996 dall'Unione Industriali Pastai Italiani, e sui risultati parziali dello studio per la pubblicazione dell'edizione 2001 dell'"Annuario generale dell'Industria della pasta in Italia".

Capacità produttiva complessiva (t/anno) 4.000.000

Numero di addetti 8.500

Struttura del settore

Numero di impianti	175
Numero di impianti con capacità produttiva ≤ 75 t/g	68%
Numero di impianti con capacità produttiva 76-150 t/g	13%
Numero di impianti con capacità produttiva 151-300 t/g	12%
Numero di impianti con capacità produttiva > 300 t/g	7%

Distribuzione geografica

Nord Italia	39%
Centro Italia	17%
Sud Italia	32%
Isole	12%

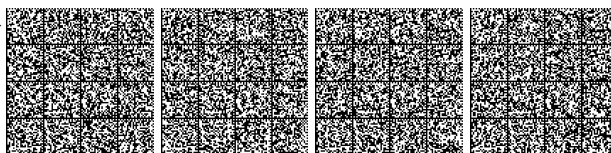
La produzione italiana delle paste alimentari ha superato la soglia di 3.000.000 di tonnellate, per un valore di circa 6.132 miliardi di lire. Per quanto concerne lo sfruttamento della capacità produttiva, il grado di utilizzazione degli impianti è stato di circa il 75%.

In linea di massima, nel processo produttivo della pasta secca possono essere individuate le seguenti operazioni unitarie:

No.	Operazioni unitarie / tecniche
A.1	**Movimentazione, disimballo e magazzinaggio materie prime**
B.2	**Miscelazione, mescolamento, impasto, concaggio, omogeneizzazione, aggiunta ingredienti**
B.4	**Formatura, estrusione, insacco**
F.3	**Disidratazione, inclusa asciugatura e stagionatura salumi**
H.1	**Confezionamento, riempimento**
U.1	**Pulizia, sanificazione, disinfezione**
U.2	**Produzione di energia termica e/o elettrica**
U.3	**Trattamento acque primarie**
U.4	**Generazione di vuoto**
U.6	**Produzione di aria compressa**

Schema a blocchi di produzione

	Risorse			Emissioni					
	EE	ET	AQ	AQ	AR	OD	Ri	Ru	
Stoccaggio materie prime (A1)	1	0	0	0	1	0	1	1	13%
Miscelazione (B2)	1	0	2	0	0	0	0	0	10%
centrali termiche									
Estrusione (Trafilazione) (B4)	1	0	1	0	0	0	1	1	13%
Produzione di acqua surriscaldata	0	3	1	0	3	0	0	1	27%
Disidratazione (Essiccazione Pasta) (F3)	1	0	0	0	2	0	0	1	13%
confezionamento (H1)	1	0	0	0	0	0	2	1	13%
stoccaggio prodotti finiti	1	0	0	0	0	0	2	0	10%
	20%	10%	13%	0%	20%	0%	20%	17%	

Legenda			
	Risorse	EE	energia elettrica
		ET	energia termica
		AQ	acqua
	Emissioni	AQ	effluenti idrici
		AR	emissioni in aria
		OD	odori
		RI	rifiuti
		RU	rumore

Descrizione delle operazioni rilevanti ai fini dell'IPPC.

Ricevimento, stoccaggio e movimentazione materie prime (A1)
Nei pastifici la semola, stoccata in capaci sili, viene inviata alla zona di produzione tramite trasporto pneumatico.

Miscelazione (B1)
La prima operazione nel processo produttivo della pasta è la miscelazione della semola con l'acqua. A 100 Kg di semola, aventi una percentuale di umidità pari al 10-14%, vengono aggiunti 22-30 Kg di acqua. L'umidità dell'impasto varia tra il 30% e 35% in funzione della qualità, del tipo di semola e del formato di pasta da produrre.
Vi sono dispositivi gravimetrici per la pesatura in continuo della semola, con nastri pesatori e pompe dosatrici per semola ed acqua. Tali dispositivi sono monitorati da strumenti di alta precisione e regolati da microprocessori che operano in anello chiuso, al fine di compensare automaticamente ogni variazione di dosaggio di uno dei componenti e rispettare i rapporti predefiniti sulla base della ricetta.
In questa fase è fondamentale che la semola sia tutta idratata in modo uniforme, evitando la formazione di masse o grumi. L'impasto deve rimanere uniforme di modo da permettere una corretta alimentazione della vite di estrusione. Un'idratazione lieve o non uniforme, che potrebbe essere causata da erronei quantitativi d'acqua o da un insufficiente tempo di miscelazione, potrebbe causare difetti nel prodotto finito, quali la rottura della pasta secca, difetti di superficie e bassa qualità in cottura. La fase di miscelazione si conclude quando la massa è stata appropriatamente disareata nell'impastatrice sotto vuoto. Rimuovere l'aria (incorporatasi nelle precedenti operazioni) è molto importante poiché questa causa l'ossidazione dei pigmenti della semola (o delle uova, se presenti), mentre eventuali bolle d'aria conferiscono al prodotto un aspetto opaco privo di brillantezza.

Pressatura ed estrusione (B4)
Nella fase di estrusione, ottenuta con l'azione di spinta da parte di una vite senza fine contenuta in un cilindro (raffreddato dall'esterno), le proteine idratate interagiscono formando il glutine. La massa viene poi estrusa a una pressione di 4-12 Mpa attraverso una trafila di bronzo o acciaio con geometria idonea (circolare per pasta corta e dritta per la pasta lunga), i cui fori riproducono la sezione trasversale della pasta. Se i fori della trafila sono rivestiti da teflon si otterrà una pasta liscia, nel caso contrario si avrà una pasta dall'aspetto ruvido.
Dalla trafila fuoriesce pasta con circa un 30% di umidità; per conferirle la sua specifica consistenza e la possibilità di una lunga shelf-life, senza alcuna alterazione nella qualità delle materie prime e degli ingredienti, è necessario che il contenuto di umidità nel prodotto finito non superi il 12.5%.

Essiccamento (F3)
Dopo l'estrusione vi è l'essiccamento, fase di estrema importanza, che influisce molto sulla qualità della pasta (la resistenza alla cottura della pasta dipende anche dalla durata e dalla temperatura dell'essiccamento).
Questa operazione consiste di 3 fasi:
- pre-incartamento
- incartamento
- essiccamento.

La pasta viene sottoposta ad una forte ventilazione che crea una lievissima incrostazione (pre-incartamento) di modo da mantenere la forma data dalla trafila ed evitare l'adesione o la rottura delle forme. Si utilizza aria filtrata, priva di polvere o altre impurità, e condizionata a

temperatura ed umidità controllate in funzione delle necessità: un'evaporazione eccessivamente rapida in questa fase renderebbe la superficie della pasta fragile, mentre una evaporazione troppo lenta potrebbe portare alla formazione di acidità e muffe. Questa prima fase avviene in tempi abbastanza brevi (10 min – 1 ora) in speciali camere ventilate e riscaldate e si elimina il 15-20% dell'umidità presente. Questa fase non è prevista per la pasta lunga poiché essendo trasportata appesa su delle canne il pericolo di adesione e deformazione è minore.
La seconda fase è l'incartamento che consiste in un ulteriore essiccazione del prodotto per mezzo di un altro flusso di aria calda, alternato da fasi di riposo (rinvenimento), che permettono all'umidità di rimanere all'interno della pasta ed anche di ridistribuirsi uniformemente anche in superficie. In alcune linee di produzione non è prevista la fase di riposo. Nell'incartamento viene eliminato più del 50-60% dell'umidità presente nel prodotto.
Infine nella fase di essiccamento finale il prodotto viene sottoposto a ripetuti passaggi sotto potente aria calda e secca, che rimuove il restante 25-30% dell'umidità.
Questa ultima fase viene condotta a diverse temperature, che possono superare gli 80°C. La temperatura e la durata del ciclo variano in funzione del tipo di tecnologia del formato di pasta.
Nella pratica tutta l'operazione di essiccazione avviene secondo un processo continuo che comprende pre-incartamento, incartamento ed essiccamento. In funzione del tipo di linea produttiva, questa operazione può avere luogo in tre camere separate oppure attraverso una galleria ininterrotta, ma suddivisa in tre stadi contigui.
Nell'essiccamento la pasta viene trasportata su diversi piani mossi da cinture rotanti, che viaggiano a velocità differenti in funzione dei tempi richiesti da ogni fase. In certi casi sono utilizzati essiccatori a tamburo rotanti, specifici per i formati corti, con settori e reti disposti lungo la superficie interna del cilindro; l'interno di questi settori consiste in caselle separate da piani inclinati, che nel corso della rotazione del tamburo determinano l'avanzamento della pasta.
La linea continua della pasta lunga è preceduta da un congegno specifico (stenditrice) che permette di mantenere ben dritti e distanziati tra loro i fili di pasta che giungono dalla trafila, seguito da una caricatrice delle canne sulle quali vengono posati i fili di pasta ripiegati a forma di "U" sulle canne.
La galleria di essiccazione presenta una serie di guide lungo le quali si muovono le canne, alla fine vi è un coltello che taglia i "gomiti" della pasta lunga. La sfilatrice è il congegno che permette lo scaricamento dalle canne della pasta, la taglia in pezzi di circa 25cm di lunghezza e la invia alla caricatrice che assicura la continuità del ciclo. La linea di produzione di *lasagne,* nidi, matasse e formati speciali presenta un trabatto iniziale come per la pasta corta, e in aggiunta vi sono un macchinario specifico per la formatura della pasta ed un caricatore/scaricatore dei telai su cui la pasta viene posata per l'intera durata del processo.
Alla fine della linea viene abbassata la temperatura della pasta secca in una camera di raffreddamento che la canalizza ai sili di stoccaggio.

Confezionamento (H1)
Il ciclo di produzione termina con il confezionamento della pasta degli stessi in imballaggi primari (film plastico o astucci in cartoncino) , successivamente in imballaggi secondari (cartoni) e quindi in imballaggi terziari (pallet in legno, avvolti con film estensibile), attraverso il supporto di nastri trasportatori.
A questo punto avviene lo stoccaggio nel magazzino prodotti finiti.

Pulizia, sanificazione (U1)
Gli impianti e le strutture a supporto della produzione vengono lavate e santificate periodicamente, a seconda della tipologia del prodotto e dei processi, per eliminare i residui di prodotto e gli eventuali contaminanti e batteri presenti.

Emissioni e consumi dell'industria della pasta

In questo paragrafo vengono definiti gli indicatori ambientali più significativi per uno stabilimento con capacità produttiva superiore alle 300 t/g, nel settore.

Nel'analisi sono stati presi in considerazione solo gli indicatori che caratterizzano le emissioni delle lavorazioni presenti nel settore. tabelle seguenti mostrano dati rappresentativi del segmento produttivo e non necessariamente coincidono con la singola realtà aziendale.
Gli indicatori sono stati calcolati in base al rapporto esistente tra le quantità di ciascuna tipologia di effluenti e le quantità di prodotto finito.

ENERGIA

Consumi di energia elettrica
L'analisi del consumo elettrico in uno stabilimento di produzione pasta mostra, in particolare, che la fase di essiccamento richiede circa 50-60% dell'energia elettrica totale (valori che possono essere significativamente alti nelle linee di produzione di lasagne, nidi e formati speciali).

Consumi di energia termica
L'energia termica necessaria per il funzionamento di un pastificio è ottenuta con grandi generatori (ad olio diatermico o a vapore) normalmente alimentati a gas naturale, che producono acqua surriscaldata a 130-160° ad una pressione di 4-7 bar (misurata al vaso di espansione).
Il rendimento termico del generatore di calore utilizzando olio diatermico o vapore presenta valori che variano dall'86 al 92%.
L'analisi del consumo termico in uno stabilimento di produzione pasta mostra, in particolare, che la fase di essiccamento richiede circa 85-90% dell'energia termica generata dalla centrale termica (valori che possono essere significativamente alti nelle linee di produzione di lasagne, nidi e formati speciali).

Energia elettrica	GJ/t	0,5-0,8 (kWh/t 140-220) Fonte: Studio Enea
Energia termica	GJ/t	1,5-1,9 (kWh/t 417-528) Fonte: Studio Enea

L'aria condizionata degli ambienti di lavoro, quando presente, può incrementare di 0,1-0,2 GJ/t di prodotto (35-50 kWh/t) il consumo totale di energia.

EMISSIONI IN ATMOSFERA

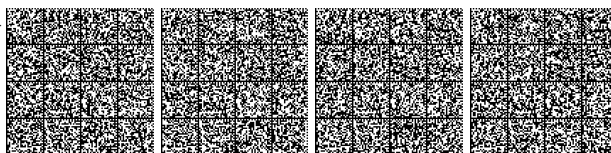
Nei fumi di combustione del gas naturale vengono misurati i seguenti inquinanti, riportati con i relativi valori tipici riscontrati:

CO_2:	kg/t	130-160

ACQUE

L'acqua costituisce una materia prima per la produzione, come tale, essa deve essere sottoposta a frequenti analisi e deve sottostare a precise norme di carattere igienico- sanitario.

H_2O impiegata	m^3/t	0,5-5	Fonte: stime di settore

Le acque di scarico sono dovute al lavaggio delle attrezzature di produzione (le trafile) e degli impianti di stoccaggio e movimentazione delle uova (se si produce pasta all'uovo); il carico inquinante prodotto nelle acque reflue è comunque limitato.

RIFIUTI

Il processo di produzione genera limitate quantità di rifiuti d'imballaggio (plastica e carta) avviabili al recupero.

Industria dei prodotti da forno

Il processo produttivo dei prodotti da forno cambia in funzione della tecnologia impiegata per formare il prodotto.
In linea di massima, nel processo produttivo dei prodotti da forno possono essere individuate le seguenti operazioni unitarie:

	Operazioni unitarie / tecniche
A.1	**Movimentazione, disimballo e magazzinaggio materie prime**
B.2	**Miscelazione, mescolamento, impasto, concaggio, omogeneizzazione**
B.4	**Formatura, estrusione**
E.4	**Cottura in forno**
G.1	**Raffreddamento**
H.1	**Confezionamento, riempimento**
U.1	**Pulizia, sanificazione**
U.2	**Produzione e consumo di energia**
U.3	**Trattamento acque primarie**
U.4	**Generazione di vuoto**

Schema a blocchi di produzione

Fase	Codice	Risorse EE	Risorse ET	Risorse AQ	Emissioni AQ	Emissioni AR	Emissioni OD	Emissioni Ri	Emissioni Ru	
Stoccaggio materie prime	A1	1	0	0	1	1	0	0	1	9%
stoccaggio ingredienti e impasti										
Impasto	B2	1	1	2	1	2	0	2	1	22%
CIP e lavanderie (lavaggio impianti e contenitori)	U1	1	1	3	4	0	2	1	1	28%
Formazione e lievitazione	BA	1	1	0	0	0	0	1	1	9%
										0%
cottura in forno	E4	1	3	0	0	3	0	0	1	17%
raffreddamento	G1	1	0	0	0	2	0	0	1	9%
confezionamento	H1	1	0	0	0	0	0	1	1	7%
stoccaggio prodotti finiti		1	0	0	0	0	0	1	0	4%
		17%	13%	11%	13%	17%	0%	13%	15%	

Legenda			
	Risorse	EE	energia elettrica
		ET	energia termica
		AQ	acqua
	Emissioni	AQ	effluenti idrici
		AR	emissioni in aria
		OD	odori
		RI	rifiuti
		RU	rumore

A ciascuno di questi è stato attribuito un livello di significatività variabile da 0 a 5, laddove a ciascun livello è stato attribuito il seguente valore:
- 0 = nessun impatto
- 1 = impatto non significativo
- 2 = impatto debole
- 3 = impatto medio
- 4 = impatto significativo
- 5 = impatto forte

Descrizione delle operazioni rilevanti ai fini dell'IPPC

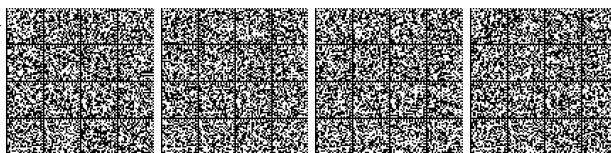
Movimentazione e magazzinaggio materie prime ***(A1)***
Le materie prime utilizzate per la produzione di prodotti da forno sono molte e differenti a seconda del tipo di prodotto.
Le principali sono farina di grano tenero, zucchero, acqua, burro a cui si aggiungono uova, margarina, latte, cacao, aromi, lieviti, etc, solo per citarne alcuni.
Gli ingredienti arrivano agli stabilimenti attraverso trasporto su strada: in cisterne (farine e zuccheri poi trasferiti nei sili di stoccaggio), in taniche, in sacchi o in cartoni; gli stessi, all'interno dello stabilimento, vengono trasportati all'impastatrice attraverso un trasporto di tipo pneumatico, ma anche manualmente
L'acqua utilizzata nell'impasto (solo per alcuni tipi di prodotto) viene prelevata dall'acquedotto pubblico o da pozzi privati (in quest'ultimo caso subisce processi di potabilizzazione).

Miscelazione e impasto ***(B2)***
Gli ingredienti, liquidi o solidi, sono miscelati tra loro nelle percentuali previste dalla ricetta, fino ad ottenere un composto omogeneo.

Formatura ***(B4)***
L'impasto ottenuto viene lavorato per ottenere la forma voluta (e differente a seconda della tipologia di prodotto). S si utilizza nell'impasto lievito di birra e/o lievito naturale, il prodotto formato deve subire anche attendere per consentire lo sviluppo del processo di lievitazione prima di essere avviato alla cottura.
Le principali tecnologie relative alla formatura del prodotto sono le seguenti: rotativa, colate, sfoglie, lievitati, ricoperti e farcite.

Cottura in forno ***(E4)***
Una volta formato e lievitato il prodotto passa attraverso il forno di cottura, dove sono presenti bruciatori a metano che possono essere a fiamma diretta (i fumi sono a contatto con il prodotto) o a fiamma indiretta (i fumi transitano in tubi a contatto con il prodotto).
I due tipi di bruciatori generano emissioni differenti, caratterizzate da un diverso tenore di ossigeno: nel primo caso (bruciatori a fiamma diretta) i fumi vengono a contatto con il prodotto e quindi con l'atmosfera ambiente (l'ossigeno in uscita dai camini può essere anche superiore al 10%); nel secondo caso (bruciatori a fiamma indiretta) i fumi della combustione non entrano a contatto con il prodotto e con l'atmosfera, quindi la percentuale di ossigeno si aggira al 3%.
I bruciatori, le quantità di vapori, le temperatura e la velocità di cottura sono variabili di processo.

Raffreddamento ***(G1)***
Dopo la cottura il prodotto esce dal forno e viene raffreddato (a temperatura ambiente o attraverso ventilazione forzata e filtrata).

Confezionamento primario, secondario e terziario ***(H1)***
Il ciclo di produzione dei prodotti da forno termina con il confezionamento degli stessi in imballaggi primari, successivamente in imballaggi secondari (cartoni) e quindi in imballaggi terziari (pallet in legno, avvolti con film estensibile), attraverso il supporto di nastri trasportatori.
A questo punto avviene lo stoccaggio nel magazzino prodotti finiti.

Pulizia, sanificazione ***(U1)***
Nell'industria dei prodotti da forno, gli impianti e le strutture a supporto della produzione vengono lavate e santificate periodicamente, a seconda della tipologia del prodotto e dei processi, per eliminare i residui di prodotto e gli eventuali contaminanti e batteri presenti.
La pulizia e la sanificazione possono essere effettuate manualmente e meccanicamente (cleaning in place – CIP); solitamente si utilizzano getti d'aria compressa o acqua, con possibile aggiunta di detergenti.

Emissioni e consumi dell'industria dei prodotti da forno

In questo paragrafo vengono definiti gli indicatori ambientali più significativi per uno stabilimento con capacità produttiva superiore alle 300 t/d**,** nel settore.
Le tabelle seguenti mostrano dati rappresentativi del segmento produttivo e non necessariamente coincidono con la singola realtà aziendale.

ENERGIA

Consumi di energia elettrica
L'energia elettrica viene utilizzata principalmente per il funzionamento delle linee di produzione.
Altri utilizzi sono relativi agli impianti di condizionamento e all'illuminazione dei locali e delle aree esterne.
Il dispendio energetico è comunque influenzato da diversi fattori, tra cui la tecnologia installata.

Consumi di energia termica
Il metano viene utilizzato principalmente come combustibile di alimentazione dei bruciatori presenti nei forni di cottura delle linee di produzione.
Altri consumi si registrano nelle caldaie per il riscaldamento dei locali.

Energia elettrica	GJ/t	0,9 - 2 (kwh/t 250-550)
Energia termica	GJ/t	3 - 5 (90 - 150 mc metano/ t)

EMISSIONI IN ATMOSFERA

Le emissioni in atmosfera sono generate principalmente dalla cottura in forno del prodotto.
Il combustibile normalmente utilizzato è il gas metano.

CO_2	kg /t	30 - 700

Altre emissioni sono generate dal funzionamento delle centrali termiche per il riscaldamento dei locali e contribuisco in misura minore.

ACQUE

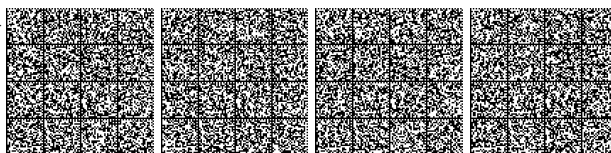
L'acqua costituisce una materia prima per la produzione, come tale, essa deve essere sottoposta a frequenti analisi e deve sottostare a precise norme di carattere igienico- sanitario.
Il maggior consumo di acqua si registra nelle fasi di produzione, ma soprattutto nelle fasi di lavaggio degli impianti e dei contenitori per lo stoccaggio di materie prime ed imballi.

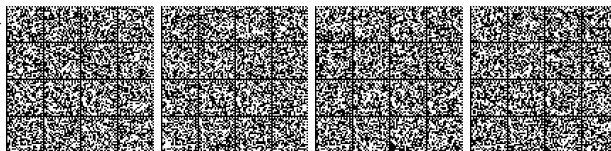
H_2O prelevata	m^3/t	0,8-25 Fonte: stime di settore

Il maggior contributo inquinante nelle acque di scarico è dato dal lavaggio degli impianti (CIP, cleaning in place) e dei contenitori utilizzati per lo stoccaggio degli impasti e delle materie prime se nella produzione vengono impiegati ingredienti quali uova o creme. In tal caso il carico organico generato può essere significativo e le acque reflue necessitano di un trattamento con un impianto di depurazione.

COD	gr/ t	0,1- 1,5 prod finito

RIFIUTI

Il processo di produzione genera limitate quantità di rifiuti d'imballaggio (plastica e carta) avviabili al recupero.

Industria dello zucchero da barbabietola

L'industria Saccarifera estrae zucchero dalla barbabietola che viene posta in lavorazione al momento della sua maturazione. Questa ultima coincide con la maggior concentrazione di saccarosio nella radice che, in base al suo ciclo evolutivo, deve essere estirpata prima che il saccarosio si trasformi in materiale di riserva di altro tipo che la bietola elabora per la successiva produzione di seme.
Non è possibile conservare le bietole estirpate a lunga scadenza trattandosi di materia prima deperibile in modo assai rapido come del resto tutti i prodotti agricoli ad elevata concentrazione di acqua.
La necessità di lavorare "prodotto fresco" in tempi relativamente brevi, conferisce all'Industria Saccarifera il carattere di "industria stagionale" che esplica la sua attività in un determinato periodo dell'anno, delimitato dalle condizioni agronomico-ambientali, in cui si sviluppa il ciclo vegetativo della bietola.
In Italia tale periodo cade nei mesi estivi e si protrae per ca. 80 giorni dall'inizio della raccolta delle bietole, sino alla totale estirpazione di queste da tutti i terreni coltivati; l'ettarato totale è in relazione ad una produzione bieticola corrispondente alla produzione zucchero stabilita dalla normativa della Unione Europea che assegna ad ogni Stato membro un determinato contingente di zucchero da produrre.
Il numero e le potenzialità degli stabilimenti saccariferi sono in relazione alle esigenze di cui sopra, per una lavorazione bietole della durata di ca. 80 giorni e per il contingente assegnato dalla UE.
Il ciclo produttivo degli stabilimenti si articola sulla totale trasformazione delle bietole in prodotti finiti commerciabili (lo zucchero, il melasso, le polpe esauste), fatta eccezione per limitate aliquote di prodotti intermedi (sugo denso e scoli), che sono immagazzinati per la definitiva trasformazione in zucchero a lavorazione bietole ultimata.
L'attività del settore si esplica, per quanto detto al punto precedente, in un periodo di tempo limitato a pochi mesi dell'anno in epoca caratterizzata dalla sospensione per ferie della maggior parte delle altre attività produttive e durante la quale sono fermi gli impianti di riscaldamento invernale.
Per ragioni logistiche la maggior parte degli stabilimenti è situata in prossimità dei luoghi di produzione della materia prima, all'interno dei comprensori bieticoli di appartenenza, lontana perciò dai centri urbani e dagli insediamenti abitativi di un certo rilievo.
Le metodologie di lavorazione, tenuto presente che il settore è da anni in fase di ristrutturazione per adeguarsi alle esigenze dell'ordinamento comunitario, sono ormai allineate con le più aggiornate tecnologie di processo.

	Operazioni unitarie / tecniche
A.1	**Movimentazione, disimballo e magazzinaggio materie prime**
A.2	**Selezione, vagliatura, cernita, sgusciatura**
A.4	**Lavaggio**
B.1	**Taglio, sezionamento, triturazione, macinazione, polpatura**
B.3	**Macinatura, spremitura**
B.4	**Formatura, estrusione**
C.1	**Estrazione**
C.2	**Deionizzazione**
C.3	**Chiarificazione**
C.4	**Centrifugazione, sedimentazione**
C.5	**Filtrazione**
C.7	**Cristallizzazione**
C.13	**Classificazione/setacciatura**
D.10	**Solfitazione**
D.11	**Carbonatazione**
F.1	**Evaporazione**
F.3	**Disidratazione**
G.1	**Raffreddamento, refrigerazione, maturazione a freddo**
H.1	**Confezionamento, riempimento**
U.1	**Sanificazione, disinfezione**
U.2	**Produzione e consumo di energia**
U.3	**Trattamento acque primarie**
U.4	**Generazione di vuoto**
U.5	**Refrigerazione**
U.6	**Produzione di aria compressa**
U.7	**Produzione di calce e anidride carbonica**

Schema a blocchi di produzione

Zucchero

Fase	Codice	Risorse EE	Risorse ET	Risorse AQ	Emissioni AQ	Emissioni AR	Emissioni OD	Emissioni Ri	Emissioni Ru	%
Movimentazione, vagliatura e stoccaggio	A.1 A.2	0	0	0	0	0	0	3	3	6%
Lavaggio	A.4	0	0	3	4	0	2	4	1	14%
Produzione aria compressa	U.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
Taglio	B.1	0	1	0	0	0	0	0	0	1%
Produzione calce e CO2	U.7	0	3	0	1	0	0	1	3	8%
Estrazione	C.1	0	1	0	0	0	0	0	0	1%
Spremitura	B.3	1	0	0	0	0	0	0	0	1%
Carbonatazione	D.11	1	1	0	0	2	2	4	0	10%
Disidratazione	F.3	1	4	0	1	4	2	0	0	12%
Deionizzazione (opzionale)	C.2	0	0	0	0	0	0	1	0	1%
Estrusione (opzionale)	B.4	1	0	0	0	1	0	0	0	2%
Deionizzazione (opzionale)	C.2	1	0	2	4	0	3	1	0	11%
Solfitazione (opzionale)	D.10	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
Trattamento acque primarie (opzionale)	U.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
Evaporazione	F.1	0	1	0	2	0	0	0	1	4%
Produzione di energia	U.2	1	0	4	0	4	0	0	2	11%
Filtrazione	C.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
Generazione di vuoto	U.4	1	0	2	0	0	0	0	1	4%
Deionizzazione (opzionale)	C.2	0	0	0	3	0	0	1	0	4%
Cristallizzazione	C.7	0	3	0	0	0	0	0	0	3%
Maturazione a freddo	G.1	0	0	1	0	0	0	0	0	1%
Centrifugazione	C.4	3	0	0	0	0	0	0	0	3%
Disidratazione	F.3	0	1	0	0	1	0	0	0	2%
Raffreddamento	G.1	1	0	0	0	1	0	0	0	2%
Classificazione/ setacciatura	C.13	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
Confezionamento (opzionale)	H.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
		11%	15%	12%	15%	13%	9%	15%	11%	

Descrizione delle operazioni rilevanti ai fini dell'IPPC

Movimentazione, vagliatura e stoccaggio (A.1, A.2)

Le barbabietole vengono conferite allo zuccherificio su automezzi. Lo scarico dagli automezzi avviene generalmente per mezzo di piattaforme ribaltabili.

La prima operazione di pulizia delle barbabietole consiste in una separazione a secco di una parte della terra presente, che viene effettuata su separatori a rulli; La terra rimossa viene ricaricata sugli automezzi appena vuotati e può essere restituita all'attività agricola o recuperata come rifiuto.

Le barbabietole scaricate vengono trasportate su nastri fino al silo di stoccaggio, nel quale vengono normalmente distribuite per mezzo di una gru insilatrice semovente su rotaie. I sili di stoccaggio possono avere configurazioni diverse (circolare, rettangolare, ecc.). Il tempo di stoccaggio deve essere mantenuto il più breve possibile per limitare le perdite di zucchero dovute al processo di respirazione della pianta.

Le barbabietole stoccate nel silo vengono veicolate in fabbrica per fluitazione con acqua: la quantità di acqua richiesta è variabile approssimativamente tra 4 e 5 m^3 per t di bietole.

Il flusso di bietole e acqua attraversa normalmente una serie di apparati per la rimozione di sassi ed erba (spietratori e diserbatori) posti all'interno delle canalette che costituiscono il circuito di trasporto. Gli spietratori sono classificatori idraulici che permettono la separazione dalle bietole dei corpi più pesanti ma di dimensioni simili (sassi e zolle di terra), che si raccolgono nella parte inferiore dell'apparecchio e vengono quindi estratti per mezzo di un elevatore a tazze; il diserbatore è un separatore continuo a rastrelli che raccoglie erbe e vegetali dalla superficie del flusso dell'acqua di trasporto sfruttando il movimento in controcorrente degli elementi di captazione rispetto al flusso di acqua e bietole.

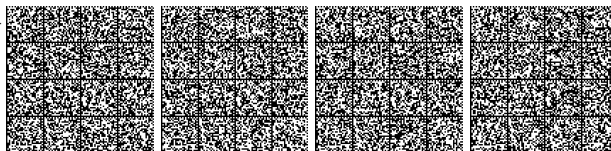
Lavaggio (A.4)

Il lavaggio delle barbabietole è una operazione che ha lo scopo di rimuovere la terra residua aderente alla materia prima.

L'acqua di trasporto viene separata dalle barbabietole all'entrata dell'impianto di lavaggio, e viene inviata ad un chiarificatore per la separazione della terra trascinata; l'acqua chiarificata viene reintrodotta nel ciclo dell'acqua di trasporto e lavaggio, mentre la terra estratta dal fondo del chiarificatore viene inviata ad una vasca di stoccaggio e decantazione della terra. Il circuito di lavaggio e trasporto viene integrato con acqua pulita in quantità pari alla quantità di terra estratta; l'acqua di integrazione può essere acqua di condensa proveniente dalla successiva fase di concentrazione del sugo leggero (vedi paragrafo 11).

Altri frammenti vegetali vengono normalmente separati dall'acqua di lavaggio per mezzo di sistemi di filtrazione che possono avere configurazioni di diverso tipo. Le impurezze vegetali sono foglie, ma anche piccoli frammenti di barbabietola, che possono essere inviati a sistemi di nastri trasportatori che separano i frammenti di barbabietola (più pesanti) dalle foglie e erbe (più leggere); i primi, possibilmente dopo una ulteriore separazione dei sassi, possono quindi essere reintrodotti nel processo per recuperare il loro contenuto di saccarosio, o per essere uniti alle polpe. Il resto dei vegetali costituisce un sottoprodotto del processo che viene destinato alla alimentazione animale.

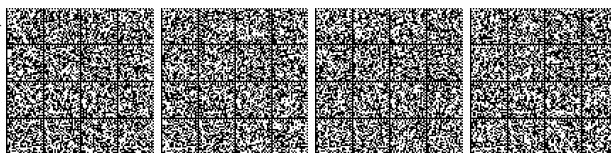
Taglio (B.1)

Le barbabietole che escono dalle lavatrici vengono trasportate in fabbrica per mezzo di nastri trasportatori, e vengono inviate alle macchine tagliatrici, nelle quali le barbabietole vengono tagliate in "fettucce" sottili al fine di aumentare la superficie di scambio nella successiva fase di estrazione del saccarosio con acqua calda.

Estrazione (C.1)
Le fettucce vengono quindi inviate ai diffusori, nei quali si realizza la estrazione continua in controcorrente con acqua calda del saccarosio contenuto nelle fettucce. Questa operazione produce un "sugo greggio" di barbabietola e le fettucce esaurite, denominate "polpe".
La migrazione del saccarosio dalle cellule che costituiscono il tessuto delle fettucce alla fase liquida avviene solo se la miscela acqua-fettucce viene portata alla temperatura di circa 70°C.
L'acqua utilizzata per il processo di diffusione è per il 60% circa costituita da acqua proveniente dalla successiva fase di spremitura delle polpe (vedi paragrafo 5), mentre per il restante 40% è acqua di condensa proveniente dalla fase di concentrazione del sugo leggero (vedi paragrafo 11). Possono essere utilizzati come additivi acido solforico concentrato o anidride solforosa per il controllo del pH attorno al valore ottimale di 5,0 e solfato di calcio come coadiuvante di pressatura. Il solfato di calcio può in alternativa essere prodotto per reazione tra l'acido solforico e l'idrossido di calcio (latte di calce) o la calce di carbonatazione (vedi paragrafo 8).
Durante l'avviamento della fabbrica, o in casi eccezionali durante la lavorazione, si rende necessario l'utilizzo di acqua dall'esterno (acque superficiali o sotterranee); il ricorso a questa risorsa viene comunque limitato al minimo possibile, compatibilmente con le necessità tecnologiche.

Spremitura (B.3)
La polpa uscente dai diffusori può essere trattata in modi diversi, anche a seconda delle esigenze del mercato.
La prima operazione può essere una pressatura fino ad una sostanza secca di 10-12%, che produce un materiale già adatto alla alimentazione animale. Una successiva operazione di pressatura può innalzare la sostanza secca delle polpe fino a 25% o più. Anche questo materiale, denominato "polpa pressata" può essere venduto come tale e destinato alla alimentazione del bestiame.

Disidratazione (Essiccamento delle polpe) (F.3)
Un successivo essiccamento della polpa pressata produce una "polpa essiccata" con tenori di sostanza secca pari al 90% circa, che per il suo basso contenuto residuo di acqua può essere agevolmente movimentata e stoccata, anche per lunghi periodi. Il tipo di essiccatore più diffuso consiste in un cilindro rotante o tamburo, nel quale le polpe vengono investite da un flusso di gas caldi prodotti dalla combustione di gas metano o olio combustibile in una camera di combustione fissa posta in asse con il tamburo, a monte dell'ingresso delle polpe pressate; i gas, aspirati all'interno da un apposito ventilatore, attraversano il tamburo e sottraggono acqua alle polpe. L'essiccamento comporta quindi un costo in termini di consumo di energia.

Estrusione (Pellettizzazione delle polpe essiccate) (B.4)
La polpa essiccata può essere venduta come tale o compressa sotto forma di "pellets", in entrambi i casi per la alimentazione animale. In alcuni casi la polpa essiccata viene addizionata con melasso o borlanda per aumentare il suo valore nutrizionale.

Carbonatazione (Depurazione calcocarbonica) (D.11)
Il "sugo greggio" di barbabietola ha un contenuto di sostanza secca pari al 15% circa. Contiene sostanze insolubili in sospensione e sostanze diverse dal saccarosio in soluzione (non zuccheri della barbabietola), che è necessario rimuovere, nella maggiore quantità possibile, per potere procedere con i successivi stadi del processo.

Il processo di purificazione del sugo greggio di barbabietola può essere realizzato, da un punto di vista impiantistico, secondo molti schemi diversi. In tutti i casi, comunque, consiste in più aggiunte successive di calce e anidride carbonica.
La calce reagisce con il sugo, causando la precipitazione e flocculazione di componenti colloidali come le proteine e le pectine, la precipitazione di anioni che formano sali di calcio insolubili o parzialmente solubili, e la degradazione in ambiente alcalino di sostanze dannose per i successivi stadi del processo come lo zucchero invertito e le ammidi.
La calce aggiunta viene successivamente precipitata sotto forma di carbonato di calcio per aggiunta di anidride carbonica. Il carbonato di calcio che si forma agisce da adsorbente per le impurità e serve come supporto di filtrazione per il successivo stadio di filtrazione, nel quale tutta la parte solida viene separata da un sugo zuccherino depurato e limpido denominato "sugo leggero".
L'ultima fase di filtrazione della parte solida può essere effettuata con filtri rotativi sottovuoto o filtri pressa in grado di fornire un prodotto con un contenuto di sostanza secca rispettivamente del 50% e del 70% circa, che prende il nome di "calce di carbonatazione" e può essere utilizzato come ammendante dei terreni agricoli (allegato 1.C, Legge n. 748 del 19/10/84) o recuperato come rifiuto ad esempio per operazioni di ripristino ambientale.

Deionizzazione (Decalcificazione e demineralizzazione) (C.2)
Il contenuto di calcio del sugo leggero può essere ridotto per mezzo di resine scambiatrici di ioni al fine di minimizzare il rischio di incrostazione delle superfici di scambio della batteria di concentrazione nella fase successiva (vedi paragrafo 11).
Il processo classico prevede l'utilizzo di resine cationiche forti. Durante la fase di esercizio il calcio del sugo viene scambiato con gli ioni sodio della resina, che successivamente viene rigenerata con una soluzione di NaCl o con una soluzione di NaOH (sistema NRS). Un sistema di rigenerazione alternativo (processo Gryllus) utilizza come rigenerante sugo denso o un altro sciroppo zuccherino prelevato dallo stadio di cristallizzazione.
Il sugo leggero in alcuni zuccherifici viene sottoposto ad un ulteriore trattamento di deionizzazione attraverso resine cationiche forti e resine anioniche (tipicamente deboli) poste in serie. Il processo comporta la rimozione di quasi tutte le sostanze ioniche presenti; dal momento che le sostanze diverse dal saccarosio presenti in soluzione hanno l'effetto di aumentare la solubilità del saccarosio stesso, ostacolandone la cristallizzazione, la rimozione di tali sostanze produce un aumento della resa di cristallizzazione del saccarosio.
Per evitare la massiccia inversione del saccarosio durante il passaggio del sugo sulle resine cationiche forti, il sugo stesso viene raffreddato alla temperatura di 10-14 °C prima di essere introdotto sulle resine.
La rigenerazione delle resine cationiche viene effettuata con acido solforico o acido cloridrico, mentre le resine anioniche vengono rigenerate con soda caustica.

Solfitazione (D.10)
L'aggiunta di anidride solforosa o di bisolfito di sodio in soluzione può essere effettuata sul sugo leggero per prevenire la formazione di colore nei successivi trattamenti termici (concentrazione, riscaldamento, cristallizzazione).
La anidride solforosa viene stoccata allo stato liquido (a 5 bar) in bombole cilindriche orizzontali, dalle quali viene introdotta nel punto desiderato del processo per mezzo di un evaporatore. L'alternativa del bisolfito di sodio è più costosa.

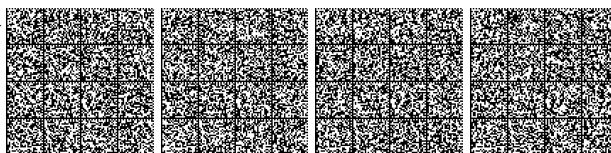
Evaporazione (F.1)
Il sugo leggero ha un contenuto di sostanza secca circa pari al 15%. E' perciò necessario procedere ad una sua concentrazione per cristallizzare lo zucchero in esso contenuto.

In una prima fase di concentrazione la sostanza secca del sugo viene portata dal 15% al 68-70% circa (sugo denso), in una serie di evaporatori che utilizzano come fluido riscaldante il vapore e che sono collegati in serie secondo lo schema della batteria di evaporazione a multiplo effetto.

Filtrazione (C.5)
Il sugo denso, prima di essere inviato alla successiva fase di cristallizzazione, viene sottoposto a filtrazione. I filtri utilizzati sono spesso costituiti da semplici reti metalliche con luce di passaggio dell'ordine di 50-100 micron, mentre in alcuni casi si può ricorrere ad una filtrazione più fine utilizzando farina fossile come supporto di filtrazione.

Deionizzazione (Impianto Quentin) (C.2)
Un ulteriore processo di deionizzazione cui possono essere sottoposte le soluzioni zuccherine concentrate, prima della cristallizzazione, è il cosiddetto processo "Quentin".
I "non zuccheri" presenti nella soluzione zuccherina da cristallizzare hanno in generale la proprietà di aumentare la solubilità del saccarosio, ostacolandone la cristallizzazione, ma l'effetto non è uguale per tutte le sostanze presenti, e in particolare lo ione magnesio (Mg^{++}) ha una influenza sulla solubilità del saccarosio molto minore rispetto ad altri cationi, come il sodio (Na^{+}) o il potassio (K^{+}).
Nell'impianto "Quentin" si realizza lo scambio di questi ioni con lo ione magnesio, aumentando di fatto la percentuale di saccarosio che si riesce a cristallizzare, ovvero la resa del processo.
La resina a scambio ionico impiegata è una resina cationica forte, e la rigenerazione viene effettuata normalmente con una soluzione al 6% circa di cloruro di magnesio.

Cristallizzazione (C.7), Maturazione a freddo (G.1), Centrifugazione (C.4)
Il saccarosio contenuto nel sugo denso prodotto nella fase di evaporazione viene cristallizzato per ulteriore evaporazione dell'acqua in evaporatori sottovuoto (chiamati "bolle di cottura") ad una temperatura di circa 85°C. Il processo di cristallizzazione coinvolge solo la molecola del saccarosio, mentre tutte le altre sostanze rimangono in soluzione. La miscela dei cristalli e della soluzione madre prende il nome di "massacotta" e la separazione dei cristalli di zucchero dalla soluzione viene realizzata per centrifugazione.
A causa dell'impossibilità di lavorare massacotte con un contenuto in peso di cristalli superiore al 50% non è possibile recuperare tutto il saccarosio in una unica operazione di cristallizzazione, e inoltre il saccarosio deve essere disciolto e ricristallizzato per ottenere un prodotto di elevata purezza. Per questi motivi normalmente gli zuccherifici adottano schemi di cristallizzazione complessi che prevedono tre stadi di cristallizzazione, dai quali si ottiene lo zucchero di qualità commerciale e una soluzione residua contenente ancora circa il 50% in peso di saccarosio disciolto e una serie di altre sostanze provenienti dalla materia prima. Questa soluzione prende il nome di melasso ed è il principale sottoprodotto del processo, e rappresenta una materia prima per la produzione di lievito oppure di alcol.

Essiccazione (F.3, Disidratazione)
Lo zucchero scaricato dalle centrifughe presenta un contenuto residuo di umidità (0,8÷1,0 %) incompatibile con la sua conservazione. La centrifugazione è pertanto seguita da una fase di essiccamento con aria calda, in essiccatori rotanti a tamburo. Il contenuto di umidità residuo del prodotto all'uscita dagli essiccatori è circa pari allo 0,04%.

Raffreddamento (G.1)
Lo zucchero scaricato dagli essiccatori si trova ancora ad una temperatura elevata e viene perciò raffreddato con aria a temperatura ambiente in raffreddatori rotanti a tamburo o a letto fluido, fino ad una temperatura di circa 30°C.

Classificazione-setacciatura (C.13)
Lo zucchero essiccato e raffreddato può presentare una granulometria non perfettamente omogenea, e viene quindi sottoposto ad una operazione di vagliatura nella quale vengono separati dal prodotto destinato alla vendita le frazioni costituite dai grumi di grosse dimensioni e dalla polvere fine, entrambe ridisciolte e riciclate all'interno del processo produttivo.

Confezionamento (H.1)
Oltre ad essere stoccato allo stato sfuso, lo zucchero può essere confezionato in big bags da 1,2 t, sacchi da 25 o 50 kg, pacchetti e astucci da 1 kg e bustine.

Produzione calce e anidride carbonica (U.7)
La calce e l'anidride carbonica necessarie per il processo sono prodotte all'interno dello zuccherificio in forni da calce alimentati con calcare e con coke o metano come combustibile.
Nei forni a coke il calcare viene caricato nell'apparecchio dall'alto, insieme al coke. Il coke ha la funzione di alimentare la combustione interna, permettendo il mantenimento di temperature superiori a 900 °C, necessarie alla trasformazione del carbonato di calcio (calcare) in ossido di calcio (calce) e anidride carbonica. Il movimento dei solidi è determinato dall'estrazione di materiale dal fondo del forno, mentre il flusso dei gas procede in senso opposto grazie all'estrazione continua dei gas di combustione dalla parte alta del forno per mezzo di adatti compressori (l'aspirazione richiama l'aria necessaria alla combustione dal fondo aperto del forno).
Nei forni a metano la combustione avviene per mezzo di bruciatori posti in posizione precisa all'interno del forno e l'unico solido introdotto nell'apparecchio è il calcare. Il principio di funzionamento è quello già descritto nel caso dei forni a coke.
L'ossido di calcio prodotto nei forni non viene impiegato tal quale, ma trasformato in idrossido per reazione con acqua (idratazione), producendo una sospensione pompabile (latte di calce) con un contenuto di idrossido del 25 %. L'operazione viene condotta in continuo in reattori rotativi a tamburo.
I fumi della combustione, contenenti il 28-35% circa di anidride carbonica, vengono anch'essi utilizzati nel processo produttivo, dopo essere stati raffreddati e lavati in torri di lavaggio con acqua.

Altri dettagli sul processo di produzione e idratazione della calce possono essere trovati sul documento "Linee guida sulle Migliori Tecniche Disponibili nelle Industrie Manifatturiere della Calce".

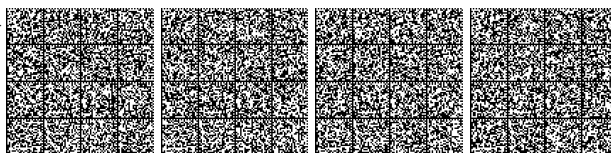
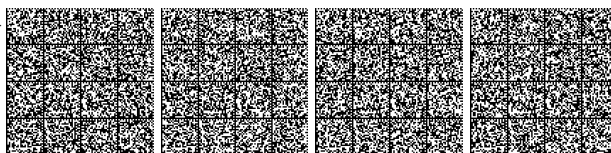
Produzione di energia (U.2)
La produzione dello zucchero richiede energia elettrica e termica in tutte le fasi del processo.
L'energia elettrica è impiegata per l'illuminazione, per la strumentazione di controllo del processo e come forza motrice di tutti i macchinari. Il vapore e l'acqua calda vengono utilizzati per tutte le esigenze di riscaldamento e scambio termico.
Gran parte dell'energia elettrica richiesta dal processo è prodotta nella centrale termoelettrica dello zuccherificio che è costituita da caldaie ad alta pressione collegate a turboalternatori.
Il vapore di scarico delle turbine viene inviato al primo effetto della batteria di evaporazione.

Le centrali termiche degli zuccherifici sono alimentate a gas metano o a olio combustibile denso, e la scelta del combustibile dipende da fattori ambientali, ma anche da specificità locali, disponibilità e costi. Dal punto di vista delle emissioni in atmosfera, la combustione del gas metano produce un impatto minore rispetto all'olio combustibile denso, permettendo di ridurre al minimo le emissioni di ossidi di zolfo, ossidi di azoto e in particolare di materiale particellare. Il costo del combustibile però rappresenta la seconda voce di costo (dopo la materia prima) per il processo di produzione dello zucchero, perciò è di fondamentale importanza per gli zuccherifici potere contare su una flessibilità nell'uso dei combustibili, al fine di salvaguardare la competitività economica dell'attività. Per questo motivo, alcuni impianti di combustione per la produzione di energia sono predisposti sia per l'alimentazione a gas metano, che per l'alimentazione con olio combustibile.
Il fattore di utilizzo dell'energia contenuta nel combustibile nei cicli combinati di produzione di energia elettrica e termica degli zuccherifici è dell'ordine dell'80%. Una tale efficienza di conversione del combustibile in energia risulta più elevata rispetto a quella di qualsiasi altra centrale termoelettrica, fino alle recenti turbine a gas a ciclo combinato, che raggiungono una efficienza del 55% circa.
In alcuni casi l'energia elettrica può essere prodotta in eccesso rispetto alle esigenze del processo, e viene venduta all'esterno.

Trattamento acque primarie (U.3)
L'acqua utilizzata in centrale termica come alimentazione delle caldaie può essere sottoposta ad un pretrattamento di purificazione, allo scopo di privarla di quelle caratteristiche componenti che danno origine a fenomeni di corrosione e incrostazione: durezza, alcalinità, cloruri, solfati, nitrati, ferro, rame, silice. I trattamenti in questione possono essere chimici (trattamento con calce, con soda, con calce e soda) o, più frequentemente, sistemi a scambio ionico (addolcimento, demineralizzazione).

Generazione di vuoto (U.4)
La fase finale della concentrazione e la cristallizzazione dello zucchero avvengono, come detto, in condizioni di vuoto. Per creare il vuoto necessario si utilizza una batteria di condensatori di vapore a miscela con colonna barometrica e con aspirazione degli incondensabili mediante pompaggio. L'utilizzo di un condensatore a miscela impone che il limite massimo di vuoto a cui si può scendere è dato dalla temperatura dell'acqua utilizzata. Normalmente il vuoto che si riesce ad ottenere arriva fino a 680 ÷ 720 mm Hg.

Produzione di aria compressa (U.6)
La rete di distribuzione ha generalmente una pressione pari a 7,5 bar ed è alimentata da compressori volumetrici (prevalentemente rotativi).

Depurazione acque reflue
Gli impianti di depurazione delle acque reflue in zuccherificio sono generalmente costituiti da bacini di lagunaggio e sistemi a fanghi attivi, tuttavia in alcuni casi viene utilizzato solo il sistema a lagunaggio con aerazione superficiale.
In quest'ultimo caso l'aerazione meccanica è di norma realizzata con aeratori galleggianti a turbina che, aspirando l'acqua e disperdendola in getti, aumentano notevolmente l'area della superficie interfacciale aria-acqua e, conseguentemente, il trasferimento di ossigeno tra le due fasi.
In questo modo la degradazione aerobica è limitata allo strato superficiale dell'acqua, mentre in profondità hanno luogo le reazioni anaerobiche. Le sostanze prodotte nel processo di

degradazione anaerobica vengono ossidate nel passaggio attraverso la fase aerobica superficiale.
Per il funzionamento ottimale degli aeratori, occorre che la profondità dell'acqua nella vasca sia sufficiente a garantirne il galleggiamento (almeno 1–1,5 m). A questo proposito, ai fini sia dell'efficienza del processo depurativo che per contenere l'emissione di cattivi odori, il riempimento delle vasche del lagunaggio avviene, generalmente, iniziando il travaso dell'acqua dalla vasca a monte a quella a valle non appena nella prima si sia raggiunto il livello di galleggiamento degli aeratori e, quindi, si siano potuti mettere in funzione gli stessi; ciò al fine di essere in grado di avere in marcia il prima possibile tutti gli aeratori installati nel sistema del lagunaggio.
Se necessario, l'ossigenazione ottenuta dalle turbine superficiali, può essere integrata da un impianto di aerazione supplementare costituito da pompe sommerse e/o eiettori posizionati sulle tubazioni che trasportano l'acqua reflua.
Nei casi in cui il rendimento della depurazione non sia sufficiente, si può integrare il sistema con un inoculo di batteri facoltativi.
Per mezzo di opportuni programmi di monitoraggio delle caratteristiche idrogeologiche del terreno è possibile stabilire la modalità più opportuna per garantire la impermeabilizzazione del fondo dei bacini.
Il sistema a lagunaggio, pur non essendo applicabile in tutti i casi per la necessità di grandi superfici e di tempi lunghi per la depurazione, presenta dei vantaggi in termini di riduzione dei consumi di energia e minore produzione di fango biologico.
Una terza soluzione è rappresentata dalla introduzione di un impianto anaerobico con produzione di biogas a monte di un tradizionale impianto a fanghi attivi. Questa soluzione consente un notevole risparmio in ossigeno e una minore produzione di fanghi; data inoltre l'ampia disponibilità di acqua calda in zuccherificio, il biogas prodotto anziché essere utilizzato per il riscaldamento dell'impianto stesso si rende disponibile per altri usi tecnologici (ad es: combustibile per impianti di essiccazione delle polpe di barbabietola).

Emissioni e consumi dell'industria dello zucchero

In questo paragrafo vengono definiti gli indicatori ambientali più significativi nel settore dell'industria dello zucchero.
Le tabelle seguenti mostrano dati rappresentativi del segmento produttivo e non necessariamente coincidono con la singola realtà aziendale.

ENERGIA

Energia elettrica	GJ/t	0,9 – 1,8	Fonte: dati operativi
- di cui autoprodotta	GJ/t	0,8 – 1,25	Fonte: dati operativi
- di cui acquistata	GJ/t	0,1 – 0,55	Fonte: dati operativi
Energia termica	GJ/t	12 – 20	Fonte: dati operativi

EMISSIONI IN ATMOSFERA

CO_2	kg/t	700 – 1.100	Fonte: calcolo dal combustibile
CO	kg/t	3 - 10	Fonte: misure **(NOTA 1)**
NOx	g/t	600 – 2.000	Fonte: misure
SOx (**NOTA 2**)	g/t	0 – 700	Fonte: misure
Polveri	g/t	20 – 600	Fonte: misure
Ammoniaca	g/t	100 - 800	Fonte: misure

ACQUE

H_2O prelevata	m^3/t	5 – 25	Fonte: dati operativi – bilanci idrici
H_2O scaricata	m^3/t	7 - 30	Fonte: dati operativi – bilanci idrici
kwh $_{depurazione}$/t		20 – 60	Fonte: dati operativi
Fanghi	kg/t	1 – 10	Fonte: dati operativi **(NOTA 3)**
BOD_5	kg/t	15 – 40	Fonte: misure
COD	kg/t	20 – 65	Fonte: misure
Solidi sospesi		non significativo	
Azoto totale	g/t	200 – 2000	Fonte: misure **(NOTA 4)**

RIFIUTI

Rifiuti prodotti	kg/t	10-25	Fonte: dati operativi (inclusi fanghi da impianto di depurazione acque) **(NOTA 5)**

rifiuti recuperati (codice R del formulario)/totale rifiuti prodotti : 80-90 % circa

Le principali tipologie di rifiuti da imballaggio avviati al recupero sono così costituite:

- Carta/cartone
- Plastica
- Legno

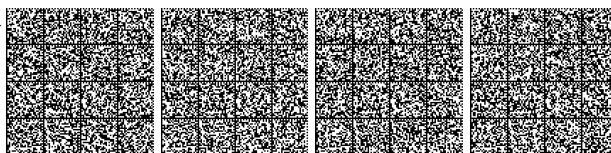
NOTA 1: La combustione di una piccola percentuale delle polpe nella fase di essiccamento comporta la presenza una significativa concentrazione di CO nei fumi in uscita dal tamburo essiccatore

NOTA 2 : I valori di emissione particolarmente bassi degli ossidi di zolfo sono legati all'uso prevalente del metano come combustibile per tutti i processi di combustione nel processo di produzione dello zucchero. Altri combustibili, come il coke e l'olio combustibile denso, vengono utilizzati solo in misura minore, approssimativamente secondo le percentuali seguenti:

Metano:	70-100%
Coke:	0-10%
Olio combustibile denso:	0-20%

NOTA 3: La quantità di fanghi prodotta dagli impianti di depurazione delle acque può variare significativamente a seconda del tipo di impianto (aerobico, anaerobico). Il sistema a lagunaggio produce quantità minime di fanghi da smaltire.

NOTA 4: L'azoto contenuto nelle acque reflue di zuccherificio è per la gran parte sotto forma di azoto ammoniacale; il contenuto di azoto nitroso e nitrico è trascurabile.

NOTA 5: La quantità di rifiuti inserita in tabella non comprende la terra di pulizia delle barbabietole e le calci di defecazione.

Industria della birra

Il contesto industriale della birra in Italia risulta essere abbastanza omogeneo.
Le tecniche applicate ai processi produttivi dell'Industria birraria in Italia vengono di seguito illustrate.

No.	Operazioni unitarie / tecniche
A.1	**Movimentazione, disimballo e magazzinaggio materie prime**
A.2	**Selezione, vagliatura, cernita, sgusciatura**
B.3	**Macinazione.**
C.4	**Centrifugazione, sedimentazione**
C.5	**Filtrazione**
D.2	**Dissoluzione**
D.4	**Fermentazione**
E.3	**Cottura, bollitura**
E.8	**Trattamento termico di stabilizzazione (pastorizzazione, sterilizzazione)**
G.1	**Raffreddamento, refrigerazione, maturazione a freddo**
H.1	**Confezionamento, riempimento**
H.2	**Confezionamento in atmosfera protettiva**
U.1	**Pulizia, sanificazione, disinfezione**
U.2	**Produzione di energia termica e/o elettrica**
U.3	**Trattamento acque primarie**
U.4	**Generazione di vuoto**
U.5	**Generazione di freddo**
U.6	**Produzione di aria compressa**

Fase	Codice	Risorse EE	Risorse ET	Risorse AQ	Emissioni AQ	Emissioni AR	Emissioni OD	Emissioni Ri	Emissioni Ru	
Ricevimento e stoccaggio materie prime	A.1 A.2	1	0	0	0	0	0	0	0	2%
Macinazione	B.3	1	0	1	0	0	0	0	0	4%
Ammostamento	C.1	1	1	3	0	1	1	0	0	15%
Filtrazione	C.5	1	0	1	0	0	0	0	0	4%
Cottura	E.3	1	3	0	0	2	2	0	0	17%
Separazione del torbido	C.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
Raffreddamento mosto	G.1	0	0	0	1	0	0	0	0	2%
Fermentazione e maturazione	D.3	1	0	1	1	1	0	0	0	8%
Refrigerazione	U.5	2	0	0	0	0	0	0	0	4%
Travaso dei tank nelle cantine	G.1	1	0	1	1	0	0	0	0	6%
Filtrazione	C.5	1	0	1	1	0	0	1	0	8%
Pastorizzazione	E.8	1	2	2	2	0	0	0	0	15%
Confezionamento	H.1	1	2	1	1	0	0	2	0	15%
		25%	17%	23%	15%	8%	6%	6%	0%	

Legenda			
	Risorse	EE	energia elettrica
		ET	energia termica
		AQ	acqua
	Emissioni	AQ	effluenti idrici
		AR	emissioni in aria
		OD	odori
		RI	rifiuti
		RU	rumore

A ciascuno di questi è stato attribuito un livello di significatività variabile da 0 a 5, laddove a ciascun livello è stato attribuito il seguente valore:
· 0 = nessun impatto
· 1 = impatto non significativo
· 2 = impatto debole
· 3 = impatto medio
· 4 = impatto significativo
· 5 = impatto forte

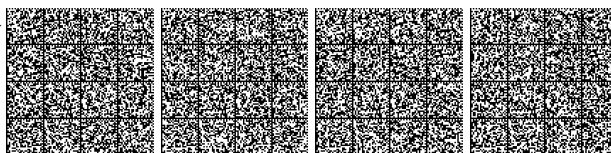
Descrizione delle operazioni rilevanti ai fini dell'IPPC

Viene preso in esame il processo relativo al malto, in quanto il più completo e comprensivo degli eventuali trattamenti dei cereali non maltati, del riso e del gritz di mais.

Ricevimento e stoccaggio materie prime
L'accettazione ed il trattamento del malto sono suddivisi in diversi fasi. La prima comprende lo scarico, il convogliamento, la prepulitura ed infine lo stivaggio nei silo delle materie prime. La seconda concerne lo scarico dai silo del malto, il convogliamento, la pulitura, la macinazione ed infine l'utilizzo. Durante queste fasi, per abrasione si formano delle polveri di malto che devono venire aspirate e segregate mediante appositi aggregati filtranti.
L'approvvigionamento del malto e dei cereali non maltati – in funzione del sito e delle tecnologie delle fabbriche di birra – avviene mediante trasposto su rotaia, su gomma o per nave, e naturalmente gli impianti di accettazione possono essere predisposti per uno o più tipologie di trasporto, ma di norma si possono ricondurre ai tipi: meccanico, pneumatico o misto. La buca di accettazione è, naturalmente, provvista di idonea griglia per evitare l'ingresso di corpi estranei.
Il convogliamento pneumatico viene impiegato soprattutto in caso di grandi distanze tra il punto di accettazione ed il luogo del primo trattamento (pulitura) o dei silo materie prime.
A seconda dei dislivelli tra buca e primo trattamento o silo, si utilizzano di preferenza i sistemi di convogliamento meccanici a tenuta stagna (a coclea o redler) per percorsi prevalentemente orizzontali, mentre il trasporto in verticale avviene per lo più mediante convogliatori pneumatici o meccnici a tazze, sempre a tenuta stagna.
Per la prevenzione degli scoppi da polvere, oltre a predisporre per tutti i convogliatori tenute stagne alla polvere, tutti gli aggregati di convogliamento, le macchine ed i contenitori, laddove possibile, vengono dotati e di sistemi di aspirazione delle polveri derivate da abrasioni e dal processo di pulitura stesso e di altri idonei sistemi di sicurezza meccanici e/o elettrici come rilevatori di scintille, sicurezze antiesplosione, sensori di temperatura, interruttori automatici di marcia, ecc. Ovviamente l'impianto elettrico deve essere conforme alle norme di sicurezza in ambienti polverosi. Gli impianti di aspirazione sono accoppiati ad idonei filtri statici per la segregazione delle polveri e devono essere progettati in modo da garantire una concentrazione di polveri inferiore alla soglia di esplosione nonché un'emissione di polveri entro le norme.
Le operazioni di eliminazione di corpi estranei prevedono l'impiego di separatori/setacciatori a gravità e magnetici (per i metalli ferrosi). Per evitare il formarsi di scintille (ed il danneggiamento dei cilindri), a monte dei molini è opportuna l'installazione di uno spietratore.
Il prelievo del malto/cereali dai silo materie prime avviene di norma con gli stessi impianti di convogliamento ed eventualmente di pulitura, come descritto nella fase precedente.

Macinatura
Gli impianti di macinatura per il malto sono essenzialmente di due tipi: ad umido, o a secco, ambedue eventualmente con condizionamento, mentre il riso viene impiegato sia il molino a martelli che il mulino a due cilindri.

La fabbricazione del mosto
La fabbricazione del mosto comporta quattro fasi diverse:

a. la macinatura, al fine di moltiplicare le superfici di contatto del malto, o dei cereali non maltati, con l'acqua
b. l'ammostatura, il cui scopo è l'estrazione dalla farina del malto/cereali di un mosto zuccherino, capace di fermentare

c. la filtrazione del mosto, il cui fine è quello di separare il mosto dalle trebbie
d. la cottura e il luppolamento

Nella sala di cottura, dal chicco di malto e dagli eventuali cereali non maltati vengono estratte le sostanze solubili e fermentescibili. Le parti solide del chicco vengono separate. Il mosto, così ottenuto, eventualmente con l'aggiunta di sciroppo di mais o di frumento, nei limiti della legge italiana vigente, viene bollito con l'aggiunta di luppolo ed infine raffreddato.

Il mosto caldo deve essere portato alle condizioni ideali per il buon andamento della fermentazione creando l'ambiente più adatto per l'attività di lieviti di coltura. A tal fine si rendono necessarie le seguenti operazioni :

a. eliminazione del torbido
b. raffreddamento alla temperatura ottimale per la lievitazione
c. aerazione del mosto

La preparazione del mosto costituisce la prima fase della produzione della birra.

Il macinato, ottenuto come descritto sopra, giunge assieme all'acqua di processo nel tino miscela/caldaia di miscela. Questa miscela viene ivi riscaldata o bollita sotto costante agitazione, secondo la tecnologia prescelta. Alcuni step di temperatura vengono tenuti costanti per un tempo prestabilito. In queste cosiddette pause vengono attivati gli enzimi formatisi naturalmente durante il processo di maltatura. Gli enzimi spezzano le lunghe catene delle molecole di amido e proteine, non essendo in grado di metabolizzare molecole a catena lunga. Pertanto dall'ammostamento dipende molto il decorso della successiva fermentazione.

Il programma di ammostamento stabilito dipende, tra l'altro, dalla qualità del malto e degli eventuali cereali non maltati, e dal tipo di birra da produrre. A seconda del tipo e carattere della birra, nonchè del malto/cereali, può essere necessario separare una parte della miscela e bollirla in una caldaia di miscela (il cosiddetto metodo a decozione, invece di quello a infusione).

La scelta del procedimento di ammostatura influenza notevolmente il consumo energetico nella sala di cottura (il metodo della decozione assorbe più calore) ma viene dettata dalla qualità e dal tipo di birra che si vuole ottenere.

Alla fine dell'ammostatura viene separata la parte liquida, il mosto, dalle sostanze solide insolubili, denominate trebbie. Questo processo viene chiamato filtrazione e ha luogo o nel tino di filtrazione o nel filtro miscela.

Dopo la separazione del primo mosto, le trebbie vengono lavate con acqua calda per recuperare l'estratto residuo. In caso dell'impiego del tino di filtrazione, le trebbie servono anche come strato filtrante per trattenere piccole particelle solide e serve a chiarificare il mosto. Al termine della filtrazione le trebbie lavate vengono trasferite nell'apposito silo delle trebbie per essere utilizzate in zootecnia.

Di norma, il mosto filtrato viene trasferito in un recipiente polmone e quindi nella caldaia di cottura, ove viene aggiunto il luppolo ed eliminata, per evaporazione, una parte dell'acqua aggiunta durante l'ammostatura e la filtrazione. La gradazione della birra dipende essenzialmente dalla quantità di acqua evaporata e naturalmente dalla quantità di malto/cereali impiegata. Questo trattamento comporta, inoltre, la soluzione e trasformazione di diverse sostanze contenute nel luppolo, i cosiddetti acidi alfa, per ottenere così il tipico amaro da luppolo. Certi complessi proteici e tannici, inoltre, vengono precipitate durante la cottura come torbido separabile a caldo.. Durante la cottura variano il colore ed il pH del mosto, gli enzimi vengono distrutti e il mosto stesso viene sterilizzato.

Il torbido a caldo si separa nel whirlpool ed il mosto viene raffreddato alla temperatura ottimale per l'inizio della fermentazione. Questa temperatura è funzione del tipo di lievito impiegato e del metodo di fermentazione prescelto. Per le birra a bassa fermentazione essa è di norma tra 5°C e 15°C.

La sala cottura non è soltanto uno dei maggiori utenti del calore prodotto dalla fabbrica di birra, ma è da prendere in considerazione – a causa dei fenomeni di evaporazione – anche dal punto di vista delle emissioni di odori. Gli interventi per la riduzione dell'impiego dell'energia comportano, in linea di principio, anche una riduzione dell'emissione di odori. Questi accorgimenti si possono riunire sotto la denominazione "sale di cottura a recupero energetico". Le possibilità di applicazione dipendono da fattori molteplici, quali ad esempio entità e successioni delle cotte, gestione delle risorse idriche e naturalmente dimensioni della fabbrica e redditività dell'investimento.
Per il risparmio energetico, con le limitazioni su esposte, e per i siti localizzati nei centri abitati o in prossimità di essi, naturalmente al di fuori delle "zone industriali", è consigliabile il recupero delle fumane.

La fermentazione
Lo scopo della fermentazione consiste nel produrre la trasformazione degli zuccheri fermentescibili del mosto in alcol e anidride carbonica. La fermentazione della birra è realizzata da lieviti appartenenti alla famiglia dei saccaromiceti, accuratamente selezionati in ceppi e riprodotti in coltura pura e appartenenti alla specie "Saccharomyces cerevisiae" o " Saccharomyces carlsbergensis".
Il fenomeno più importante nella fermentazione è la trasformazione degli zuccheri contenuti nel mosto in etanolo (alcol) e diossido di carbonio (anidride carbonica) per mezzo del lievito. Inoltre si forma una miriade di altri composti come alcoli superiori, esteri, aldeidi, ecc. che influenzano l'aroma ed il gusto della birra.

Flottazione o filtrazione mosto freddo
Il mosto freddo può essere ancora filtrato in un apposito filtro o flottatore mediante aria sterile per allontanare le particelle insolubili che reca in sospensione.

Propagazione lievito
Partendo da una coltura pura di un ceppo di lievito conservata in laboratorio biologico, si riproduce la quantità di lievito necessaria alla fermentazione del mosto, facendola moltiplicare in condizioni di aerobiosi. Questa fase può essere sostituita dal reperimento all'esterno del lievito necessario.

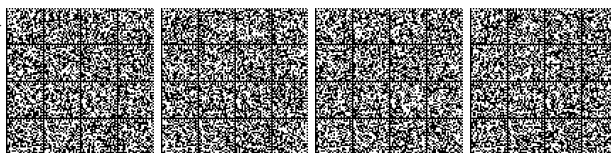
La semina del lievito
In questa fase si insemina il mosto freddo ed arieggiato con lievito proveniente dalla propagazione o dalla raccolta di lievito da precedenti fermentazioni, ovviamente depurato, per poter così procedere alla fermentazione primaria.

Se previsto dalla tecnologia prescelta, prima della fermentazione si può effettuare una separazione del torbido a freddo formatosi durante il raffreddamento e costituito essenzialmente da proteine. La separazione avviene mediante sedimentazione del mosto in tank, flottazione – insufflando aria sterile ed eventuale dosaggio di lievito – mediante centrifugazione o filtrazione in filtri verticali o orizzontali con farine fossili e/o perlite. Successivamente nel mosto limpido viene insufflata aria sterile e dosato il lievito.
La fermentazione avviene in tank, per lo più chiusi, orizzontali o verticali (TCC). La CO_2 ottenuta durante la fermentazione viene condotta, in linea di principio, all'impianto di recupero della CO_2, per ridurre le emissioni in aria ed evitare l'acquisto del diossido di carbonio necessario per le ulteriori fasi del processo.
Al termine della fermentazione primaria, il lievito si deposita durante il raffreddamento della birra giovane e viene quindi raccolto, raffreddato (se necessario, inline tramite uno scambiatore di calore), sottoposto a depurazione tramite un setaccio e convogliato ad un serbatoio fino al prossimo insemenzamento. Il numero delle generazioni dipende da un gran numero di fattori tecnologici, quali ad esempio temperatura e pressione di fermentazione.

La maturazione

Durante questo processo, la birra si affina attenuando il suo gusto amaro dovuto al luppolo; in più i vari componenti si equilibrano dando alla birra il caratteristico gusto rotondo e piacevole.
La durata della maturazione varia a seconda della densità del mosto e comunque ogni birra ha il suo optimum.
La maturazione (fermentazione secondaria) ha per scopo tra l'altro l'arricchimento della birra con CO_2, la chiarificazione per sedimentazione dei lieviti e torbidi residui, nonché la maturazione e l'affinamento del gusto.
La maturazione, successiva alla fermentazione primaria, può avvenire nello stesso tank (processo monotank) o in un altro tramite travaso. Il necessario raffreddamento della birra avviene tramite le tasche dei tank e/o tramite uno scambiatore di calore esterno.
Il lievito in eccesso dalla fermentazione viene ceduto ad imprese di rilavorazione (industrie farmaceutiche, panificatori, ecc.).
La durata della fermentazione primaria e secondaria, nonché l'applicazione di una contropressione dipendono da un gran numero di fattori tecnologici e tecnici, quali ad es. il tipo di birra, l'impiantistica, etc.

La filtrazione

Per filtrazione vengono eliminate le particelle solide in sospensione al fine di dare alla birra quella brillantezza e limpidezza desiderate.
Generalmente la chiarificazione avviene facendo passare la birra attraverso un supporto alluvionato costituito da farine fossili nel quale vengono trattenuti per assorbimento le particelle solide.
Scopo della filtrazione è la stabilizzazione della birra, affinché corrisponda – come limpidità e come durata – alle proprie caratteristiche ed alle attese del consumatore.
La filtrazione è un processo di separazione, eventualmente a più stadi, in cui vengono eliminati i lieviti eventualmente presenti nella birra, nonché altre sostanze che potrebbero comportare torbidità.
In questo processo può avvenire il reintegro e/o il recupero di CO_2
A monte della filtrazione può venir inserita una centrifuga che permette di ridurre la quantità di coadiuvanti e di aumentare la durata delle filtrazioni, come anche un raffreddatore per ottenere temperature basse e costanti.
Il processo centrale della filtrazione, secondo l'attuale stato della tecnica, è quello con farine fossili mediante filtro a strati, a candele o a setaccio. Le farine fossili usate possono venire utilizzate in agricoltura, o, in alternativa trasformate in materiali edilizi o rigenerate. I cartoni possono essere reimpiegati nell'industria cartaria.
In combinazione con la filtrazione viene spesso effettuata una stabilizzazione, in cui vengono eliminati selettivamente i colloidi mediante assorbimento su gel di silice e/o PVPP onde diminuire la tendenza all'intorbidimento della birra confezionata. In alternativa e come complemento alla chiarificazione a perdere, in combinazione con la filtrazione con farine fossili, in caso di chiarificazione con PVPP può essere inserito un impianto PVPP a rigenerazione.
Anche nelle cantine di deposito possono venire utilizzati coadiuvanti alla chiarificazione ad azione assorbente.
Per la stabilizzazione microbiologica della birra può essere utilizzata la microfiltrazione o la pastorizzazione flash a monte del riempimento; a valle si esegue la pastorizzazione del contenitore riempito.

Il reparto filtrazione può essere munito anche di un impianto di diluizione della birra per garantire la precisione in continuo del grado saccarometrico della birra filtrata.

Stoccaggio della birra filtrata

I tank di birra filtrata hanno la funzione di polmone fra il processo di filtrazione e il confezionamento stesso.

Confezionamento

La birra, a questo punto, viene trasferita alle linee di confezionamento, che riguardano i fusti, le bottiglie in vetro a rendere e a perdere,l bottiglie in PET e le lattine.

I contenitori a rendere vengono prima selezionati, lavati e ispezionati; quelli a perdere subiscono un rinsing o soffiatura, e poi vengono convogliati alle riempitrici, ove, in contropressione con CO_2 vengono riempiti ed immediatamente chiusi dalla tappatrice. Successivamente si esegue il processo di stabilizzazione microbiologica e la vestizione. Nel caso dei fusti e delle bottiglie PET, la stabilizzazione biologica avviene a monte del riempimento.Tutti i prodotti vengono, infine, confezionati, a seconda del tipo di contenitore, in multipacks, cartoni, vassoi etc. , pallettizzati e stoccati, pronti per la spedizione.

Tutti gli impianti, i i tank, serbatoi e le tubazioni, dalla sala di cottura fino alle riempitrici del confezionamento, sono soggetti ad un rigido sistema di sanificazione, attraverso CIP (Cleaning In Place), che tra l'altro riduce il consumo di acqua, detergenti e disinfettanti.

Avviene in modi differenti a seconda dal tipo di contenitore che si vuole usare; i più comuni sono:

- Fusti
- Lattine
- Bottiglie a perdere (OW)
- Bottiglie a rendere (VR)
- Bottiglie PET

In generale, per tutti i tipi di contenitore, la linea di confezionamento è composta dei seguenti elementi:

- Depalettizzatore
- Impianto di lavaggio del contenitore
- Riempitrice
- Pastorizzatore
- Etichettatrice
- Confezionatrice
- Palettizzatore

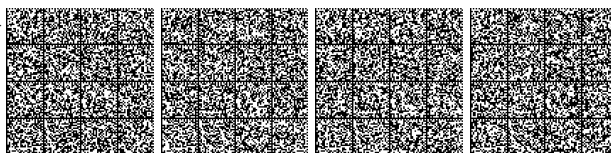
Confezionamento in bottiglie a perdere

Le bottiglie a perdere (OW) arrivano palettizzate su bancali. Tra gli strati di bottiglie è interposta una interfalda in materiale plastico; l'intero bancale è avvolto in un film di polietilene termoretraibile.

I bancali di bottiglie vuote vengono defilmati, le bottiglie depalettizzate e quindi convogliate al rinser, dove possono essere lavate con acqua o soffiate con aria filtrata.

La successiva fase di riempimento comprende la preevacuazione singola o doppia in cui l'aria contenuta nelle bottiglie viene sostituita con CO2 ed il riempimento isobarometrico, il tutto nella riempitrice.

Immediatamente prima della tappatura, la schiumatura elimina l'aria nel collo della bottiglia riempita.

Alla tappatura segue di norma la stabilizzazione biologica nel pastorizzatore a tunnel in cui, tramite spruzzi di acqua calda, la birra nel contenitore, in funzione della temperatura (minimo 60,5°C) e del tempo viene pastorizzata.

La successiva fase è la vestizione delle bottiglie con etichette, controetichette, collarini etc. comprensiva della codificazione delle diciture di legge mediante laser o getto d'inchiostro.
Il confezionamento delle bottiglie consiste nel raggrupparle in multipack e/o confezionarle in cartoni, vassoi etc.; segue la palettizzazione e lo stivaggio in magazzino ed il prodotto è così pronto per la consegna.
Durante il ciclo vengono effettuati, tra l'altro, i controlli automatici riportati nelle tabelle.

Confezionamento in bottiglie a rendere

Alcune fasi del riempimento delle bottiglia a perdere coincidono con quelle a rendere, ma con la differenza che queste ultime arrivano in casse in plastica, vengono lavate con soluzioni detergenti e reinserite nelle casse debitamente lavate al termine del processo di imbottigliamento.

Confezionamento in lattine

Per le lattine (generalmente in alluminio) il procedimento è analogo a quello delle bottiglie a perdere anche se non viene effettuata la fase di etichettaggio.

Infustamento

Il riempimento dei fusti si differenzia dai precedenti tipi di confezionamento per il prelevaggio esterno ed interno dei fusti con soluzioni detergenti a caldo e la sterilizzazione a vapore nella riempitrice. La birra viene sottoposta a stabilizzazione microbiologica mediante pastorizzazione flash o microfiltrazione a monte del riempimento ed a valle viene sigillata l'imboccatura ed apposte le diciture di legge

Confezionamento in bottiglie PET

Il processo di riempimento delle bottiglie in PET è anch'esso simile alle bottiglie OW. Visti i materiali impiegati, la stabilizzazione biologica avviene a monte del riempimento mediante pastorizzazione flash o microfiltrazione.

Produzione di birre analcoliche

Per la produzione di birra analcolica (<1,2% vol) si utilizzano principalmente 2 procedimenti. Le birre prodotte con questi diversi procedimenti presentano notevoli differenze in riguardo al gusto.

Procedimento con inibizione della formazione dell'alcool

Rispetto al processo di produzione della birra sopra descritto, la fermentazione viene bloccata prima di raggiungere il grado alcolico di 1,2 % vol.

Vengono utilizzati i seguenti metodi:

- Contatto a freddo; cioè fermentazione normale bloccata per effetto del freddo, il lievito ha il solo scopo di togliere il gusto di cereale dal mosto ma non di fermentarlo.
- Inibizione della formazione di alcol utilizzando Saccharomyces ludwigii.
- Utilizzo di lievito immobilizzato.

Procedimento con successiva eliminazione dell'alcool

L'alcol viene estratto dalla birra prodotta „normalmente", utilzzando i seguenti metodi:

- Termici (evaporatore laminare)
- Mediante membrane (osmosi inversa, dialisi).

L'eliminazione dell'alcol può essere effettuata a monte o a valle della filtrazione.
Le birre vengono infine carbonatate e confezionate.

Produzione di bevande a base di birra

Si producono addizionando alla birra finita – con metodi gravimetrici e/o volumetrici - limonate, bevande a base di cola, o anche succhi ed altri componenti aromatizzanti Il rimanente processo è analogo alla produzione e confezionamento della birra.

Produzione di energia

Energia elettrica

Essendo l'autoproduzione attualmente pressoché insignificante ci si deve rivolgere a fornitori esterni.

Energia termica

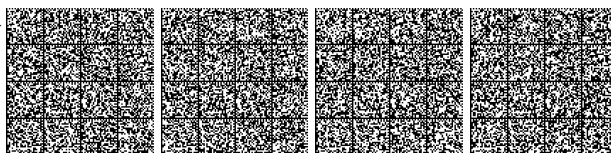
Nelle fabbriche di birra la produzione di energia termica gioca un ruolo fondamentale. Il fabbisogno maggiore di calore si ha in sala cottura. Utenze notevoli in forma di vapore oppure di acqua calda sono le lavatrici, i pastorizzatori, i CIP delle sanificazioni.

Il buon funzionamento di una centrale termica dipende particolarmente dalla qualità dell'acqua. Risulta quindi importante la scelta di un adeguato sistema di trattamento che deve tener conto delle caratteristiche costruttive e di esercizio del generatore, delle caratteristiche dell'acqua disponibile per il riempimento e reintegro, del recupero delle condense.

Produzione del freddo

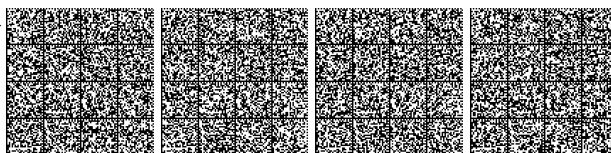
I maggiori consumi di freddo si riscontrano nel raffreddamento del mosto, nella sala lievito, nei serbatoi di fermentazione, maturazione e negli impianti collegati, nel filtro e nella cantina birra filtrata, nel condizionamento della cantina luppolo, dei magazzini prodotto finito e dei locali di lavoro.

Il freddo primario necessario viene prodotto con il classico sistema di compressione, condensazione ed espansione.

Se il fluido refrigerante viene fatto espandere direttamente nel punto di utilizzo del freddo (es. tank di fermentazione) si parla di raffreddamento diretto. Se l'evaporatore raffredda un altro

liquido refrigerante, si parla di raffreddamento indiretto. Il primo presente caratteristiche di maggiori rendimenti energetici ma di contro un maggior rischio di perdite del refrigerante.

Sanificazione
Le strutture (pavimenti, pareti, soffitti), gli impianti, le attrezzature, gli utensili e gli arredi in generale devono essere tenuti in buone condizioni di igiene per evitare contaminazioni durante il processo produttivo.
Per mantenere puliti gli ambienti di lavoro vengono predisposti delle procedure programmate di pulizia che possono essere integrate da interventi straordinari in caso di necessità particolari. Queste operazioni sono per lo più manuali, eventualmente con l'ausilio di attrezzature idonee (spazzatrici, macchine a getto di vapore, ecc.).
Per quanto riguarda la pulizia degli impianti, la necessità di garantire una puntuale esecuzione delle sanificazioni, con rispetto dei tempi di esecuzione e della costanza delle concentrazioni delle soluzioni impiegate, vengono usualmente impiegati gli impianti CIP (Cleaning in Place) automatici per la sanificazione di tubazioni, tanks e serbatoi.
Il consumo delle soluzioni acido/base/disinfettanti e dell'acqua di risciacquo può essere ottimizzato per mezzo del loro recupero e riciclo, minimizzando l'impatto ambientale:

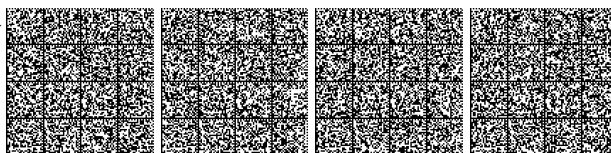
Trattamento acqua primaria
L'industria birraria si approvvigiona d'acqua da acquedotti comunali, sorgenti, pozzi ed acque di superficie. L'acqua di processo e per uso umano all'interno dello stabilimento deve essere potabile.
Secondo la destinazione d'uso l'acqua può essere trattata in differenti modi:
L'acqua destinata alla produzione di vapore viene trattata modificandone il contenuto salino ed eliminando le eventuale sospensioni.
L'acqua utilizzata per il raffreddamento impianti è generalmente utilizzata tal quale.
Per assicurare la potabilità dell'acqua nel circuito interno allo stabilimento, è possibile procedere ad un ulteriore trattamento di potabilizzazione (ad es. con radiazioni UV, clorazione, ozonizzazione, o anche con microfiltrazione).
Nel caso di acqua clorata destinata al processo produttivo, effettua una declorazione mediante carbone attivo a monte dell'utilizzo. La successiva demineralizzazione viene invece effettuata con sistemi chimico-fisici: osmosi inversa o colonne a scambio ionico.
L'acqua potabile che viene utilizzata per la diluizione finale della birra, oltre alla demineralizzazione menzionata sopra, subisce un processo di deareazione/carbonatazione che può, a seconda delle caratteristiche microbiologiche, essere completato con processi di microfiltrazione, radiazioni UV od ozonizzazione.

Trattamento acque reflue
La scarico tipico di materiale organico da una fabbrica di birra è vario, anche se generalmente è compreso nell'intervallo di 0,8 -1,5 kg COD/hl di birra.
Normalmente, le acque reflue di processo hanno un contenuto più basso di componenti non biodegradabili. L'acqua di scarico delle fabbriche di birra presenta normalmente un rapporto COD/BOD compreso tra 1,5 e 1,7.
Neutralizzazione dell'acqua di processo
La neutralizzazione può aver luogo nelle aree di produzione o nelle vasche centralizzate di neutralizzazione utilizzando acidi o basi. La neutralizzazione centralizzata delle acque reflue di processo necessita di una vasca dotata di un tempo di ritenzione idraulica di circa 20 minuti. In particolar modo la progettazione dovrebbe tener conto delle procedure relative allo scarico delle soluzioni caustiche provenienti dalle lavatrici delle bottiglie e dalle vasche CIP.

Poiché sia soluzioni caustiche che acide vengono utilizzate presso le fabbriche di birra, la riduzione dell'utilizzo di sostanze chimiche per la neutralizzazione può essere ottenuta aumentando il tempo di ritenzione idraulica nella vasca di neutralizzazione. Le vasche di neutralizzazione vengono spesso utilizzate anche come vasche di equalizzazione con un tempo di ritenzione idraulica di 3-6 ore.
È stato osservato che nelle vasche di equalizzazione il pH può diminuire senza aggiunta di acidi per via dell'idrolisi del materiale organico. L'effetto è di difficile controllo, ma ridurrà i requisiti di dosaggio dell'acido nelle acque reflue di processo. Al fine di ottenere acidificazione biologica, il tempo di ritenzione idraulica sarà di 3-4 ore.

Trattamento anaerobico

Uno dei vantaggi dell'utilizzo del trattamento anaerobico è rappresentato dal fatto che una minore quantità di nutrienti (se non nessuno) è necessario per gli effluenti delle fabbriche di birra con deficit di nutrienti. Il carico organico in ingresso agli impianti di trattamento anaerobico varia da 5 a 10 kg di COD/m^3d per il reattore di tipo UASB e da 15 a 25 kg di COD/m^3d per il reattore di tipo EGSB (letto di fanghi granulare espanso). La generazione di fango tipica è dell'ordine di 0,04-0,08 kg SS/kg di COD rimosso. La concentrazione di effluenti per uno stabilimento in condizioni di regime è dell'ordine di 100-500 g di COD/m^3.

Trattamento aerobico

Il metodo comunemente più utilizzato per gli effluenti della fabbrica di birra è il processo a fanghi attivi. Ad un intervallo di temperatura compreso tra 25 e 35 °C, il carico inquinante in ingresso ad un impianto a fanghi attivi può essere di 1,2 – 1,8 kg di COD/m^3d e ottenere una qualità di effluenti compresa tra 15-25 mg di BOD/l. La generazione tipica di fango sarà nell'ordine di 0,45 – 0,55 kg SS/kg di BOD rimosso.
Un problema frequente negli impinti a fanghi attivi delle fabbriche di birra è il bulking.
Il fango in eccesso può rappresentare una parte significativa della generazione dei rifiuti solidi delle fabbriche di birra.

Emissioni e consumi dell'industria della birra

In questo paragrafo vengono definiti gli indicatori ambientali più significativi nel settore dell'industria della birra.
Le tabelle seguenti mostrano dati rappresentativi del segmento produttivo e non necessariamente coincidono con la singola realtà aziendale.

ENERGIA		
Energia elettrica	MJ/hl	36 – 50 (10 - 14 Kwh/hl)
Energia termica	MJ/hl	110 – 150
EMISSIONI IN ATMOSFERA		
CO_2	kg/hl	5 - 7
CO	kg/hl	n.d.
NOx	g/hl	20 - 40
SOx	g/hl	n.d.
Polveri	g/hl	n.d.
ACQUE		
H_2O prelevata	m^3/hl	0,5 – 0,9
H_2O scaricata	m^3/hl	0,375 – 0,75
kwh $_{depurazione}$/hl		n.d.
Fanghi	kg/hl	n.d.
BOD_5	kg/hl	n.d.
COD	kg/hl	0,8 – 1,5
Solidi sospesi	kg/hl	n.d.
Azoto totale	g/hl	n.d.
RIFIUTI		
rifiuti prodotti		
Rottame vetro	kg /hl	0,5 – 1,5
Carta	kg/hl	0,15- 0,45
Polietilene	kg/hl	0,15 – 0,2
Lattine	kg/hl	0,005 – 0,010
Rifiuti solidi urbani	kg/hl	0,12 – 0,2

E. DESCRIZIONE DELLE ANALISI ELABORATE PER LA INDIVIDUAZIONE DELLE MIGLIORI TECNICHE DISPONIBILI

Concetto generale di migliori tecniche per l'industria alimentare

Il contenuto del BRef comunitario, come pure il tempo necessario alla sua redazione sono stati fortemente condizionati dalle esigenze di garantire la sicurezza del consumatore imponendo scelte a maggior valenza di garanzia anche se, ad esempio, più energetico-esigenti.

Analogamente alcune possibili BAT tese a ridurre i consumi di acqua a favore di utilizzo di acque non di pregio o di ricircolo trovano limitazioni insormontabili alla loro applicabilità nelle norme veterinarie e sanitarie comunitarie.

Le tecniche saranno considerate individualmente e non in catena con altre tecniche, stabilendo per ciascuna il potenziale di riduzione delle emissioni, l'applicabilità, gli effetti collaterali (indicati nel BREF come cross-media effects) positivi o negativi. Verranno considerati inoltre, sia pure a livello qualitativo, i costi, sia di investimento, sia di gestione, associati alla tecnica.
Il BREF europeo ha dimostrato come una tecnica ben sviluppata in un Paese non sempre sia applicabile ed efficace in un altro, per cui è sbagliato pensare che possa avere le stesse performance ambientali ovunque, nei vari Paesi membri dell'Unione. Per questo il BREF va preso come traccia e non come documento che fornisce standard vincolanti sul piano legislativo.
Discorso analogo vale naturalmente anche per la lista di MTD presentata nel seguito che, in nessun modo, può essere presa come riferimento legislativo, né potrebbe averne la pretesa.
Le informazioni contenute in questo documento sono da intendere come un riferimento per la determinazione delle MTD nei singoli casi specifici. Le tecniche che vengono presentate e i livelli di emissione e di consumi energetici e materiali ad esse associati dovrebbero essere considerate come un'indicazione generale e una sorta di base tecnica da consultare nel momento del rilascio di un'Autorizzazione Integrata Ambientale basata sulle MTD. La determinazione di appropriate condizioni da prescrivere nel rilascio dall'AIA dovrebbe tener conto, infatti, di fattori locali e specifici del sito, come le caratteristiche tecniche dell'impianto interessato, la sua localizzazione geografica e le specifiche condizioni ambientali. Nel caso di insediamenti esistenti, inoltre, si dovrebbe prendere in considerazione la fattibilità tecnico/economica dell'introduzione di una tecnica indicata in questa guida come MTD, ricordando che è definita come tale solo in senso generale.
Un'altra precisazione importante riguarda i livelli di performance ambientali e/o di consumi energetici che vengono associati alle varie tecniche illustrate in questo documento. Questi vanno intesi come livelli che ci si può aspettare di raggiungere in un determinato periodo di tempo e in determinate condizioni operative e strutturali dello stabilimento, ma non sono da intendere in nessun caso come valori limite di emissione o di consumo.
Restano valide le indicazioni della Linea Guida Generale per quanto riguarda la gerarchia dei documenti tecnici di riferimento per l'individuazione delle MTD, inclusi i relativi BRef redatti in sede europea, in particolare nel caso di produzioni non presenti nella presente Linea Guida.

Aspetti tecnici e tecnologici dell'industria alimentare

Il presente documento è una ovvia riproposizione di un sistema fortemente diversificato e difficilmente generalizzabile e tende a descrivere le specificità tipologiche dell'industria alimentare, diverse per capacità produttiva, tecnologia applicata, tipo di materia prima lavorata e tipo di prodotto finito.

Dal documento risulta anche che spesso i maggiori consumi (acqua, energia, prodotti chimici) sono legati alla necessità di garantire una maggior sicurezza alimentare e una particolare attenzione alle operazioni di pulizia e sanificazione. Si riscontra anche una maggior attenzione ai problemi legati all'emanazione di cattivi odori, per cui è elevata anche l'attenzione a ridurre la possibilità di alterazione dei sottoprodotti, non solo quelli destinati alla lavorazione, ma anche di quelli destinati alla eliminazione, mediante stoccaggi e trasporti a basse temperature. Questa maggior attenzione ai problemi ambientali causa per contro un maggior consumo energetico.

Aspetti ambientali

I consumi (energetici, idrici, di materie prime) nell'industria alimentare

Gli aspetti ambientali di maggior rilevanza per l'industria alimentare sono i consumi rilevanti di acqua di processo, l'emissione di liquami a elevato carico organico e le forti richieste di energia elettrica per il congelamento e il mantenimento dei prodotti nella catena del freddo e di combustibile per la produzione di vapore e/o acqua calda per i trattamenti termici di sterilizzazione di prodotti, impianti e attrezzature.

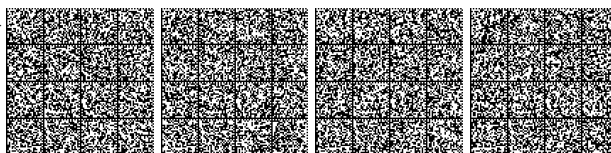
Al funzionamento degli impianti di refrigerazione e di condizionamento, oltre che al funzionamento delle linee di lavorazione più in generale è legata la maggior quantità di energia elettrica consumata.

Le normative igienico-sanitarie obbligano ad un forte consumo di acqua potabile, con impossibilità spesso di ridurre i consumi mediante ricicli, con evidenti conseguenze negative sulla quantità di acqua di pregio consumata e sull'energia richiesta per riscaldarla.

Le emissioni (in atmosfera, negli scarichi idrici, termiche, sonore, da vibrazione) nell'industria alimentare

Prescindendo dalle emissioni in aria legate alle operazioni di combustione presenti negli stabilimenti, gli odori molesti derivanti dallo stoccaggio di sottoprodotti e dagli impianti di depurazione, sia pur di scarsa evidenza ambientale, possono essere di rilevante impatto sociale (abitazioni circostanti, trasporti). Tale aspetto può essere estremamente limitato in alcuni settori, quali quelli che utilizzano stoccaggi a temperatura controllata.

Rumore ed emissioni in aria sono anche riferibili alla movimentazione (in ingresso e uscita) dei veicoli adibiti al trasporto di materie prime, semilavorati e prodotti finiti.

Problemi di rumore sono segnalati anche in casi particolari (ad es. evaporatori di succhi vegetali) o per operazioni accessorie ma indispensabili per una corretta gestione impiantistica (torri di raffreddamento per il recupero dell'acqua, impianti di depurazione, rumore causato dai compressori e dagli impianti di raffreddamento dei liquidi di condizionamento delle celle di refrigerazione, ecc.).

La produzione di rifiuti nell'industria alimentare

Le industrie alimentari sono impianti produttivi con produzione di rifiuti molto diversa come quantità e qualità in base al tipo di materia prima lavorata e tipologia produttiva

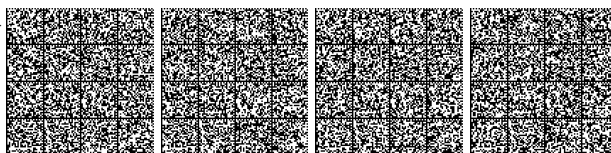
Per quanto riguarda la trasformazione di prodotti di origine animale, la normativa vigente (Reg. 1774/2002) che reca le norme sanitarie applicabili ai sottoprodotti di origine animale non destinabili al consumo umano, condiziona molto la produzione di rifiuti. I sottoprodotti non sono mai considerati rifiuti (tranne quelli destinati agli impianti di incenerimento) e pertanto la produzione di rifiuti si limita alla eliminazione di materiale solido separato dalle griglie negli ambienti di lavorazione e dagli sgrigliatori degli impianti di depurazione degli effluenti idrici.

Molti altri sottoprodotti (vegetali, materiale inerte) derivanti dalle operazioni di pulizia, mondatura, cernita e toelettatura delle materie prime possono trovare utile destinazione (nel rispetto delle varie normative vigenti) nell'industria mangimistica, nell'alimentazione diretta del bestiame e nell'attività agricola.

Sono inoltre da tenere in considerazione i rifiuti speciali legati allo smaltimento di materiale da imballaggio di semilavorati, di prodotto lavorato non conforme, di resi dalla distribuzione e scarti derivanti da particolari attività di manutenzione episodica (oli esausti di motori, liquidi di circuiti refrigeranti, resine di scambio ionico esaurite, ecc.), materiale di imballaggio di detergenti e disinfettanti comuni a molte attività produttive.

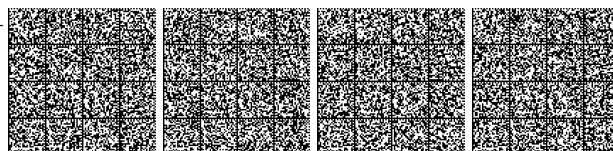
Analisi dei rischi per incidenti nell'industria alimentare

La grande diversità di tipologia produttiva non consente di fornire indicazioni generali. Gli impianti di produzione di alimenti non sembrano avere particolari rischi se non quelli legati ad una normale attività produttiva di trasformazione di materiale organico deperibile.

Non esistono comunque particolari aspetti di pericolosità di tipo ambientale di questi impianti sia derivanti da rischi di tipo endogeno sia esogeno. Sono stati segnalati potenziali rischi di esplosioni di polveri in stoccaggio e dell'ammoniaca eventualmente utilizzata negli impianti frigoriferi.

Migliori tecniche e tecnologie nell'industria alimentare

In questo capitolo sono presentate le candidate migliori tecniche disponibili (*Best Available Techniques*, BAT) corrispondenti alla definizione adottata dalla direttiva 96/61/CE e contenuta nell'art. 2, comma 12 del D. Lgs. 372/1999.
I criteri utilizzati per individuare le candidate BAT sono riassumibili nell'individuazione delle tecniche mature (uscite dalla fase di R&S), commercialmente disponibili, in grado di evitare e/o ridurre le relative emissioni. Sono state escluse le tecniche mature che, per difficoltà di ordine strutturale e/o organizzativo, non sono inseribili nel processo produttivo aziendale e le tecniche che, benché testate in alcuni Paesi per quanto riguarda l'efficienza di abbattimento delle emissioni, non sono state sufficientemente sottoposte a monitoraggio in realtà con condizioni simili a quelle del nostro Paese.
Nel considerare l'applicazione delle candidate BAT, è necessario sottolineare l'importanza di un insieme di interventi e strumenti di carattere organizzativo, gestionale e documentale la cui implementazione permette un adeguato sfruttamento delle potenzialità offerte dalle migliori tecniche disponibili. Alcuni esempi di questo tipo possono essere:

1. Costituzione di comitati interfunzionali o gruppi di lavoro che si occupano di ambiente, sicurezza e qualità
2. Definizione di un piano di controllo qualità specifico per tutte le operazioni relative alla gestione dei diversi comparti ambientali
3. Attività di formazione e sensibilizzazione del personale al fine di ridurre i consumi di energia e risorse naturali, la produzione di rifiuti, ecc.
4. Applicazione di procedure per la conservazione delle registrazioni ambientali e per le attività di manutenzione degli impianti
5. Inclusione in fase di progettazione e acquisto di nuove macchine, impianti o attrezzature di una valutazione tecnico-economica in merito alle prestazioni in termini di efficienza ambientale
6. Definizione di interventi a monte del processo produttivo per la riduzione dell'impatto ambientale delle materie prime, del *packaging*, dei processi, delle sostanze, dei combustibili, ecc.
7. Prassi, procedure, metodi e strumenti rivolti alla corretta gestione e manutenzione di infrastrutture, macchinari, impianti, *housekeeping*, ecc.

Questi e altri strumenti di gestione possono essere eventualmente ricompresi e organizzati in modo sistematico, programmato e documentato nell'ambito di un vero e proprio sistema di gestione ambientale, definito in conformità a standard aziendali elaborati internamente, alle norme UNI EN ISO 14001 e/o al regolamento comunitario n. 1836/93 sui sistemi di gestione ambientale e audit (EMAS).

MTD valide per tutti i settori produttivi

Sistemi di gestione ambientale

Sulla base di quanto premesso esistono BAT che sono da considerarsi trasversali ai due settori oggetto di questo documento e che riguardano in particolare la gestione degli impianti produttivi stessi in termini di corretta gestione ambientale. Sotto questo aspetto sono da considerarsi BAT possibili tutti gli strumenti di gestione dei sistemi ambientali previsti standardizzati, quali EMAS e EN ISO 14001, o non standardizzati ma che comunque prevedano una gestione dell'impianto di produzione con gli stessi principi dei sistemi citati.

Vantaggi ambientali - I sistemi di gestione ambientale assicurano il continuo miglioramento delle prestazioni dell'impianto in termini di rispetto ambientale

Effetti incrociati - Sono solo positivi in quanto un sistema di gestione ambientale è in perfetta sintonia con i principi ispiratori della Direttiva IPPC

Dati operativi - Nessuno in particolare

Applicabilità - Nella maggior parte delle installazioni. In pratica l'applicabilità è legata alla natura, alla dimensione e alla complessità dell'impianto produttivo e alle implicazioni derivanti dalla sua ubicazione.

Aspetti economici - E' difficile generalizzare il costo dell'introduzione di un sistema di gestione ambientale e questo è la risultante di un costo di progettazione (legato alle dimensioni dell'impianto e alla sua tipologia), di un costo per gli interventi di miglioramento e del costo per le verifiche. Uno studio tedesco recente (Schaltegger, S. and Wagner M. *Umweltmanagement in deutschen Unterhemen - der actuelle Stand der Praxis, 2002*) prevede un costo di impostazione variabile da 18750 a 75000 € e un costo di validazione da 5000 a 12500 €. Un altro studio tedesco parla che per un costo di investimento per il miglioramento delle prestazioni ambientali di 80000€ si è ottenuto un risparmio di circa 50000 €/anno, con un tempo di ritorno dell'investimento economico di 1,5 anni.

Addestramento del personale

La sensibilizzazione e l'addestramento del personale ad una particolare attenzione alla corretta gestione delle risorse e alla riduzione degli aspetti negativi per l'ambiente è fondamentale a tutti i livelli di responsabilità dell'impianto produttivo

Vantaggi ambientali - Si riducono i livelli di consumi delle risorse e di emissioni e si riducono i rischi di incidenti

Effetti incrociati - Sono solo positivi in quanto l'addestramento del personale all'interno di un sistema di gestione ambientale è in perfetta sintonia con i principi ispiratori della Direttiva IPPC

Dati operativi - Richiede un investimento di tempo da parte di tutto il personale

Applicabilità - In linea di massima nella maggior parte delle installazioni. In pratica l'applicabilità è legata alla natura , alla dimensione e alla complessità dell'impianto produttivo.

Aspetti economici -Va valutato internamente

Adozione di un piano di manutenzione programmata

Una manutenzione attenta e programmata riduce i rischi di emissioni accidentali e di possibili incidenti ambientali e riduce il rischio di fermate dell'attività produttiva per rotture o incidenti.

Vantaggi ambientali - Si riducono i livelli di consumi delle risorse e di emissioni e si riducono i rischi di incidenti

Effetti incrociati - nessuno

Dati operativi - Una manutenzione programmata riduce il rischio di perdite (acqua, vapore, combustibile, ecc)

Applicabilità - Nella maggior parte delle installazioni

Aspetti economici - Va valutato internamente

Riduzione degli scarti e delle emissioni in fase di ricevimento delle materie prime e dei materiali

In ogni tipologia produttiva si possono applicare diverse precauzioni per ridurre la produzione di scarti e le emissioni in aria.

Esempi di precauzioni generali:

- addestramento e sensibilizzazione del personale addetto allo scarico delle materie prime;
- corretta progettazione e gestione degli impianti di scarico delle materie prime;
- garantire un ridotto tempo di sosta dei mezzi di conferimento delle materie prime, al fine di ridurre le emissioni derivanti dall'accensione dei motori;
- evitare sversamenti di prodotto per eccessivo riempimento di vasche, tanks, ecc.;
- riparare le aree di scarico dalle precipitazioni atmosferiche e da correnti di vento (in particolare per i materiali pulverulenti);
- evitare cadute e dispersioni di materiale durante le fasi di trasporto;
- adottare le tecniche di trasporto più adeguate (idraulica, pneumatica, meccanica).

Vantaggi ambientali – Riduzione dell'impatto ambientale delle fasi di ricevimento delle materie prime.

Effetti incrociati - Sono solo positivi in quanto un sistema di gestione ambientale è in perfetta sintonia con i principi ispiratori della Direttiva IPPC

Dati operativi - Nessuno in particolare

Applicabilità - Nella maggior parte delle installazioni. In pratica l'applicabilità è legata alla natura, alla dimensione e alla complessità dell'impianto produttivo e alle implicazioni derivanti dalla sua ubicazione.

Riduzione dei consumi di acqua

Installazione di contatori su ciascun comparto produttivo e/o su ciascuna macchina (nel caso di macchine particolarmente idroesigenti)

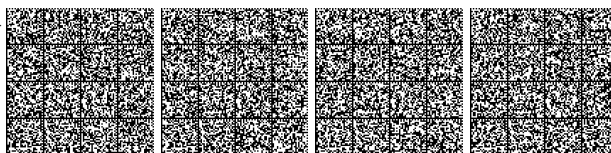
Il consumo di acqua oltre che nel suo complesso può essere misurato per singola operazione unitaria o per singola linea produttiva. Ciò permette di evidenziare i consumi specifici più elevati e valutare l'efficacia di un intervento teso alla riduzione dei consumi. L'ideale è registrare con una notevole frequenza i consumi momentanei in modo da evidenziare anche le variazioni puntuali.

Vantaggi ambientali - Si riducono i consumi di acqua

Effetti incrociati - nessuno

Dati operativi - La valutazione dei consumi delle singole macchine può portare ad identificare eventuali errori di progettazione e installazione

Applicabilità - Nella maggior parte delle installazioni

Aspetti economici - Va valutato internamente

Separazione delle acque di processo dalle altre per un possibile riutilizzo di queste ultime
La separazione degli scarichi derivanti dai processi produttivi da quelle che non necessitano di depurazione (acque piovane, acque di raffreddamento) consente di ridurre il quantitativo di liquami inviati al trattamento di depurazione. Le acque particolarmente cariche di inquinanti organici possono essere raccolte separatamente e inviate ad un trattamento specifico. Le acque che non necessitano di tali trattamenti possono essere inviate a possibili reimpieghi.

Vantaggi ambientali - Si riducono i consumi di acqua e non si contamina acqua che non necessita di depurazione con acqua inquinata. Si riduce il consumo richiesto dal trattamento di depurazione e il volume di scarico nel caso di immissione in fognatura pubblica.

Effetti incrociati - nessuno

Applicabilità - In particolare negli impianti nuovi o in fase di totale ristrutturazione. Per l'industria alimentare questa ipotesi è limitata ad applicazioni che non comportano l'ultimo contatto con gli alimenti (che richiede invece acqua potabile).

Aspetti economici -Costo di investimento molto alto che può avere un tempo di ritorno dell'investimento economico anche abbastanza consistente

Riduzione del prelievo dall'esterno - Impianto di raffreddamento a torri evaporative.
Al fine di recuperare l'acqua di processo (acque di condensa 60-90 °C e acque da condensatori barometrici 50-55 °C) e ridurre i prelievi di acqua pulita sono installati impianti di raffreddamento costituiti da torri evaporative.
Le torri evaporative normalmente utilizzate sono torri a tiraggio meccanico; ciò significa che la portata dell'aria necessaria al raffreddamento è assicurata da uno o più ventilatori azionati tramite motore elettrico.
La temperatura abbastanza elevata di tali acque viene ridotta facendo investire tali acque finemente frazionate da una corrente d'aria in controcorrente; l'effetto refrigerante è prodotto dalla evaporazione di una parte dell'acqua durante il passaggio della stessa attraverso la torre.
Ovviamente il volume dell'acqua evaporata varia in funzione della temperatura dell'acqua raffreddata, della temperatura dell'acqua calda e dell'umidità ambiente.
L'acqua raffreddata a 25-40 °C è recuperata per essere utilizzata nel processo, come integrazione dell'acqua di processo, come liquido di abbattimento negli abbattitori ad umido, per servizi e lavaggi.
In alternativa alle torri evaporative possono essere utilizzate cosiddette "vasche a spruzzi", nelle quali il flusso d'acqua da raffreddare viene suddiviso in una serie di alti spruzzi conici verticali per mezzo di ugelli: l'acqua così finemente suddivisa scambia calore con l'aria e ricade nella vasca sottostante a temperatura inferiore (ad eccezione di una piccola quantità che viene persa per evaporazione).

***Vantaggi ambientali*:** Risparmio idrico.

***Aspetti economici*:** Riduzione dei costi di prelievo dell'acqua pulita seppure vi siano costi dovuti al consumo di energia elettrica per il funzionamento dei ventilatori delle torri evaporative.

Applicabilità: la soluzione delle torri evaporative è applicabile ovunque; la vasca a spruzzi richiede uno spazio maggiore. In particolare nell'industria della birra può essere utilizzato per le acque di raffreddamento delle unità di pastorizzazione.

Effetti incrociati: I ventilatori delle torri evaporative rappresentano una possibile fonte di rumore. Maggiori consumi energetici per il tiraggio meccanico. Necessità di un impianto di trattamento chimico-fisico dell'acqua di reintegro.

Riutilizzo delle acque di raffreddamento e delle acque delle pompe da vuoto
L'acqua proveniente dagli impianti di raffreddamento e dalle pompe a vuoto che non sia venuta a contatto con il prodotto potrà essere utilizzata per altri scopi, da individuarsi in base alla qualità e agli eventuali trattamenti

Vantaggi ambientali - Si riducono i consumi di acqua.

Effetti incrociati - nessuno

Applicabilità - Per l'industria alimentare questa ipotesi è limitata ad applicazioni che non comportano l'ultimo contatto con gli alimenti (che richiede invece acqua potabile).

Aspetti economici: da valutare caso per caso.

Eliminazione dei rubinetti a scorrimento e manutenzione di guarnizioni di tenuta della rubinetteria, dei servizi igienici, ecc.
I rubinetti ad apertura e chiusura manuale sono da eliminare, perché è molto frequente che siano lasciati aperti o chiusi solo parzialmente per disattenzione o per scelta, con notevole sperpero di acqua di pregio.

Vantaggi ambientali - Si riducono i consumi di acqua. Un filo d'acqua del diametro di 1 mm che fuoriesce da un rubinetto e una perdita percettibile a occhio nudo in un wc corrispondono rispettivamente a 80 e 195 mc di acqua consumata all'anno (BRef comunitario macelli), mentre da un rubinetto da 3/4 inch lasciato aperto, fuoriescono 5 mc di acqua in un turno di 8 ore.

Effetti incrociati - nessuno

Dati operativi L'apertura non necessaria di un rubinetto da 3/4 di pollice determina un aumento del consumo di acqua di circa 2 mc/h. Per quanto riguarda la manutenzione delle guarnizioni se ci sono 50 posizioni di erogazione acqua (rubinetti, servizi igienici, ecc.) che gocciolano, il consumo annuale di acqua corrispondente è valutabile in 5000-6000 mc/anno (con conseguente costo di prelievo e di depurazione).

Applicabilità - Nella maggior parte delle installazioni

Aspetti economici: costi sicuramente inferiori al risparmio ottenibile.

Impiego di idropulitrici a pressione.
I sistemi di pulizia idraulica a media pressione garantiscono una maggior efficienza di pulizia e un risparmio sensibile di acqua (idropulitrici che consumano 60 l/min di acqua a 1,5 Mpa danno un'efficacia di pulizia pari ad un'idropulitrice operante a 0,3 MPa che consuma 250 l/min). Non è univocamente consigliabile, ma è piuttosto da valutare caso per caso, l'utilizzo di idropulitrici ad alta pressione, stante il rischio di contaminazione microbica o di dispersione di sporcizia nei locali.

Vantaggi ambientali - Si riducono i consumi di acqua e i volumi di liquami da trattare. Se poi si usa acqua calda si risparmia una proporzionale energia necessaria per il riscaldamento.

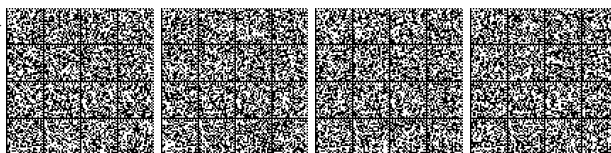
Effetti incrociati - nessuno

Applicabilità - Nella maggior parte delle installazioni

Aspetti economici: tempo di ritorno dell'investimento economico sicuramente favorevole.

Applicazione di comandi a pistola agli ugelli dell'acqua.
Consentono di erogare l'acqua solo quando serve effettivamente.

Vantaggi ambientali - Si riducono i consumi di acqua e i volumi di liquami da trattare. Se poi si usa acqua calda si risparmia una proporzionale energia necessaria per il riscaldamento.

Effetti incrociati – Nessuno.

Applicabilità - sempre applicabili per acqua fredda o per acqua calda scaldata con uno scambiatore; modifiche specifiche nel caso di acqua riscaldata per immissione diretta di vapore.

Aspetti economici: tempo di ritorno dell'investimento economico sicuramente favorevole.

Prima pulizia a secco degli impianti e applicazione alle caditoie sui pavimenti di trappole amovibili per la separazione dei solidi.

Consente di effettuare una prima separazione dei solidi appena questi diventano materiale di scarto senza che vengano a contatto con le acque. Si effettua applicando grate con luci di passaggio idonee alle caditoie sui pavimenti.

Vantaggi ambientali - Si riducono i carichi organici (BOD, COD, SS) nei liquami da trattare.

Effetti incrociati - possibili inconvenienti a livello di contaminazione microbica e di incidenti agli addetti se non accompagnata da idonee e precise indicazioni di frequenti allontanamenti degli scarti

Dati operativi - si combatte la credenza che portare tutti gli scarti ad una filtrazione finale sia più comodo che raccoglierli prima. Tutte le sostanze solubili passano alla fase liquida e non sono più separabili meccanicamente .

Applicabilità - Nella maggior parte delle installazioni

Aspetti economici: costo molto limitato per gli impianti esistenti, nullo per i nuovi.

Progettazione e costruzione dei veicoli e delle attrezzature di carico e scarico in modo che siano facilmente pulibili.

Consente di effettuare la necessaria operazione di pulizia dei veicoli e delle attrezzature di carico e scarico con ridotti consumi di acqua.

Vantaggi ambientali – Si riduce il consumo di acqua

Effetti incrociati - Nessuno

Dati operativi - Nessuno

Applicabilità - Nella maggior parte delle installazioni

Aspetti economici: Non valutabile

Riutilizzo delle acque provenienti dai depuratori per operazioni nelle quali non sia previsto l'uso di acqua potabile.

In molte operazioni l'impiego di acqua di pregio non è necessaria e può essere sostituita con acqua con idonee caratteristiche, come quella in uscita dall'impianto di depurazione. E' il caso delle industrie di trasformazione di prodotti vegetali (zuccherifici, conserve di frutta e pomodoro, patate), nelle quali si usa molta acqua per le operazioni di scarico e prima pulizia (defangatura, eliminazione di materiale estraneo di origine minerale e vegetale) delle materie prime. Attualmente si utilizzano ricicli locali con semplice filtrazione delle acque con una riduzione del consumo di acqua necessaria per questa operazione di circa l'80%. Il riutilizzo di acqua proveniente dal depuratore, permetterebbe di evitare questi ricicli di acqua contaminata, eliminerebbe i costi di investimento e funzionamento dei filtri, evitando anche la raccolta di scarti solidi molto umidi e putrescibili all'interno delle zone produttive e inoltre potrebbe essere esteso ad altre operazioni quali gli stoccaggi in piscine di materia prima. Naturalmente questo comporta un afflusso maggiore di effluente al depuratore, con un maggior carico idraulico ai sedimentatori; nessun inconveniente invece al trattamento biologico (inquinanti più diluiti). Considerando la possibilità di un utilizzo per diverse operazioni, il consumo di acqua potabile si ridurrebbe alla sola acqua destinata al contatto diretto con il prodotto immediatamente prima del condizionamento finale.

Un ulteriore utilizzo di acqua proveniente dai depuratori è l'impiego quale fluido di raffreddamento degli impianti per i quali non è previsto il requisito di potabilità dell'acqua da adoperare ed il rischio di venire a contatto con il prodotto alimentare sia nullo (ad esempio: acqua di raffreddamento in sistemi con torri evaporative, acqua di raffreddamento in circuito aperto, pompe impianto di depurazione, compressori, etc.).

Vantaggi ambientali – Si riduce sensibilmente il consumo di acqua

Effetti incrociati – Nessuno, se l'impianto di depurazione offre sufficienti garanzie; probabile intervento di ampliamento del comparto di sedimentazione.

Dati operativi - Modifica di impianti esistenti, adeguamento dei circuiti idrici, necessità di un controllo molto accurato delle prestazioni dell'impianto di depurazione

Applicabilità - Nella maggior parte delle installazioni dove sia installato un impianto di depurazione degli effluenti idrici e dove sono individuabili forti consumi di acqua che non abbia l'obbligo di rispettare i requisiti di potabilità

Aspetti economici: Onerosità con un ritorno rapido per il minor consumo di acqua

Riduzione dei consumi energetici

Miglioramento del rendimento delle centrali termiche

Il rendimento di una centrale termica è definito come il rapporto tra l'energia termica resa al fluido e quella in ingresso associata al combustibile, valutata per mezzo del potere calorifico inferiore.

I metodi di calcolo del rendimento del generatore di calore sono due:

- metodo diretto;
- metodo indiretto.

Il metodo diretto si basa sulla misura di: vapore in uscita o acqua surriscaldata e dei parametri che consentono di definirne l'entalpia; combustibile in ingresso, del quale deve essere noto il potere calorifico inferiore.

Il metodo indiretto si basa sulla valutazione convenzionale delle perdite attribuibili a: calore sensibile nei fumi; per combustione incompleta; per dispersioni dalle pareti del generatore di calore.

I controlli da effettuare per monitorare il rendimento sono:

- analisi dei fumi e dell'O_2
- misura e portata dell'acqua di reintegro;
- portata del combustibile e dell'aria di combustione;
- pressione, temperatura, portata dei fluidi termovettori alle utenze (vapore o acqua surriscaldata) e dell'olio diatermico.

Il rendimento del generatore di calore può essere migliorato riducendo le perdite o aumentando l'efficienza di produzione del fluido termovettore, con le tecniche seguenti.

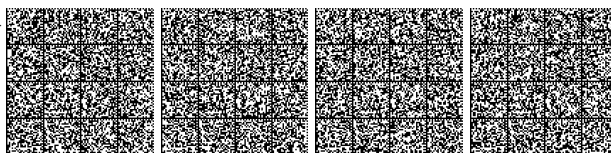
Interventi di riduzione delle perdite di calore nei fumi in uscita.

Tali perdite costituiscono circa il 50 % delle perdite totali. Possono essere ridotte mediante:

- riduzione della temperatura dei fumi al camino per ridurre le perdite per calore sensibile;
- regolazione automatica dell'eccesso d'aria in funzione della portata di combustibile in ingresso.

Interventi di riduzione sulle perdite per combustione incompleta.

Può essere ottenuta impostando un corretto valore dell'eccesso d'aria.

Preriscaldamento dell'aria di combustione a spese del calore residuo dei fumi.

Benefici attesi: incremento del 2% del rendimento per ogni 50 °C di decremento della temperatura dei fumi (la temperatura dell'aria preriscaldata varia generalmente tra 170 e 200 °C).
L'attuazione di tali procedure per il raggiungimento delle corrette condizioni di combustione in caldaie esistenti può condurre a rendimenti del 90%. Per le caldaie nuove ad olio diatermico, con recupero del calore dei fumi per il preriscaldo dell'aria di combustione, i valori di rendimento conseguibili sono:
alle condizioni di carico economico: 92 %
alle condizioni di carico massimo: 91 %.

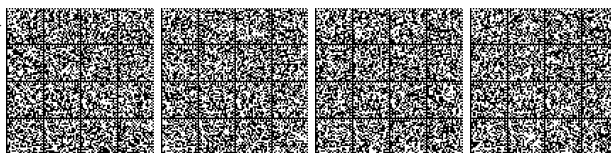
Vantaggi ambientali - Possibilità di ridurre le emissioni inquinanti e mantenere i valori di emissione al di sotto dei limiti prefissati, migliorando il rendimento del generatore di calore: un aumento del rendimento della centrale termica dall'85% al 90% determina una riduzione dei livelli di emissione di CO2 del 5,5%-6,5%; un aumento del rendimento della centrale termica dall'85% al 92% determina una riduzione dei livelli di emissione di CO2 del 7,5%.

Effetti incrociati – nessuno.

Dati operativi – E' necessario applicare una procedura di controllo e di regolazione della temperatura dei fumi in uscita e dell'eccesso d'aria impiegata nella combustione.
Di seguito si riporta un esempio di riduzione dell'energia termica realizzata migliorando il rendimento della centrale termica. Il risultato dell'elaborazione è la riduzione percentuale della CO_2 che si riesce a conseguire nelle varie ipotesi.

Applicabilità – Tecnica disponibile e consolidata, che dà risultati differenti a seconda che si intervenga su impianti nuovi o esistenti.

Aspetti economici – La riduzione delle perdite nei fumi può comportare risparmi dei costi energetici. I costi di implementazione sono bassi per impianti nuovi, alti per impianti esistenti.

Coibentazioni delle tubazioni di trasporto di fluidi caldi e freddi
Le tubazioni che trasportano i fluidi termovettori all'interno degli stabilimenti vengono a contatto con i fluidi degli ambienti che attraversano per cui, in mancanza o in presenza di insufficiente isolamento, tali fluidi possono subire un raffreddamento o un riscaldamento causati dalle dispersioni termiche. Al fabbisogno di energia termica delle utenze bisogna quindi sommare l'energia dissipata lungo le tubazioni.
Il parametro che individua lo stato di isolamento delle tubazioni è il rendimento di una linea di distribuzione, definito come rapporto tra energia utile consegnata all'utenza ed energia in ingresso alla linea. La differenza tra le due energie è quella dissipata.
Il rendimento della linea di distribuzione in assenza di isolamento varia tra 0,8 e 0,9, a seconda dei fluidi, dei livelli di temperatura, dei materiali, ed aumenta al migliorare della coibentazione.
La dissipazione di energia si manifesta in tre fenomeni fisici: conduzione, irraggiamento e convezione. Per calcolare la dissipazione di energia si considerano congiuntamente i tre fenomeni. Essa dipende dalla superficie di contatto, dalle temperature del fluido interno e dell'ambiente esterno, dalla resistenza termica totale, che a sua volta dipende da quattro fattori: conduttanza interna, conduttanza esterna, spessore e conducibilità dell'isolante.
Per migliorare la coibentazione di una linea è necessario quindi impiegare materiali coibenti con bassi valori di conducibilità ed elevati spessori.
La riduzione delle dispersioni consente, a parità di energia fornita all'utenza, di consumare meno combustibile in centrale termica o assorbire meno energia elettrica in centrale frigorifera. Questo risparmio si trasforma in minore quantità di CO_2 immessa nell'ambiente.

L'isolante è applicato sulle tubazioni, valvole, saracinesche e flange o sotto forma di materassini già trapuntati su rete metallica, oppure sotto forma di coppelle o con schiume polimeriche..
L'installazione dei materassini deve essere particolarmente accurato, per evitare sensibili fughe di calore; molto più semplice e rapida è l'installazione delle coppelle, la schiumatura è applicabile da -50 a + 80 °C..
I materiali di finitura superficiale possono essere: lamiera di acciaio inox , lamiera di alluminio, PVC auto avvolgente e mastici rinforzati con velo di vetro.
Gli isolanti di più frequente impiego sono:

- le lane minerali (roccia, basalto e scorie) con densità di 100/120 Kg/mc fino a temperature limite di impiego di 800°C con coefficiente di conducibilità termica variabile tra 0.03 W/m°K e-0.2 W/m°K. crescente al crescere della temperatura;
- le fibre di vetro con densità di 65 Kg/mc fino a temperature limite di impiego di 500°C con coefficiente di conducibilità termica variabile tra 0.068 W/m°K e 0.028 W/m°K crescente al crescere della temperatura;
- le schiume polimeriche.

Vantaggi ambientali – Significativo risparmio energetico

Effetti incrociati – Effetti benefici anche sulle emissioni in atmosfera

Dati operativi – Intervento fattibile su qualunque impianto esistente. Di seguito si riporta un esempio di riduzione dell'energia termica realizzata migliorando il coefficiente di resistenza termica totale. Il risultato dell'elaborazione è la riduzione percentuale della CO_2 che si riesce a conseguire nelle varie ipotesi.

Applicabilità – Tecnica consolidata ed ottimale per i processi in questione.

Aspetti economici: Una adeguata coibentazione delle tubazioni che trasportano acqua calda, vapore o fluidi freddi consente un risparmio fino al 40% a seconda delle condizioni al contorno (lunghezza / tipo / caratteristiche delle tubazioni e dell'ambiente in cui si trovano).

Demineralizzazione dell'acqua

L'acqua che proviene dalle fonti di approvvigionamento può contenere le più svariate sostanze, a partire da impurità grossolane visibili ad occhio nudo fino ad arrivare a sali disciolti che possono essere eliminati solo con trattamenti raffinati.
L'acqua che alimenta i generatori di vapore teoricamente dovrebbe essere pura cioè completamente esente da qualsiasi sostanza disciolta o sospesa.
L'acqua nel generatore può dare origine a due inconvenienti:

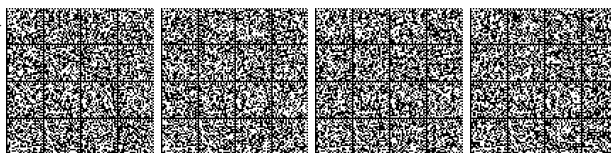
- **incrostazioni**: l'origine è quasi sempre la durezza dell'acqua e cioè il contenuto in sali di calcio e di magnesio ed in silicati. Le incrostazioni riducono il coefficiente di trasmissione del calore del 2 - 4% e di conseguenza diminuisce il rendimento termico della caldaia e fanno aumentare la temperatura che genera il surriscaldamento del metallo con la possibilità che ceda la parete metallica o che si formino corrosioni sotto-deposito.
- **la corrosione**: è sempre un fenomeno di tipo elettrochimico e le cause più frequenti sono il deposito di corpi estranei, la presenza di cloruri, di ossigeno, di anidride carbonica nell'acqua.

Per evitare incrostazioni e corrosioni è necessario sempre trattare l'acqua di alimento e l'acqua di caldaia.

Pre-trattamenti:

- Consistono in una filtrazione meccanica, o chimico-fisica con aggiunta di flocculanti, con lo scopo di trattenere le impurità solide.

Trattamenti chimici esterni:

- Questi tipi di trattamenti sono stati soppiantati dagli impianti a resine scambiatrici di ioni che danno risultati migliori e sono facili da gestire

Trattamento a resine scambiatrici di ioni:

Addolcimento

Utilizza resine cationiche forti in ciclo sodico, le quali eseguono lo scambio tra il calcio ed il magnesio presenti nell'acqua ed il sodio.

In pratica si ha la trasformazione dei sali di calcio e di magnesio incrostanti nei corrispondenti sali sodici non incrostanti.

Decarbonatazione e addolcimento

La decarbonatazione a mezzo di resine scambiatrici di ioni prevede la trasformazione di carbonati e bicarbonati in acido carbonico che si decompone immediatamente in acqua e anidride carbonica la quale viene eliminata mediante un processo fisico nella torre di decarbonatazione.

Successivamente un addolcitore trasforma i sali di durezza permanente nei corrispondenti sali sodici.

Demineralizzazione

La demineralizzazione prevede, tramite due scambi ionici successivi, la trasformazione di tutti i sali presenti in acqua.

Le varianti a questi tipi d'impianti sono molteplici.

Demineralizzazione a letto misto

Questo tipo d'impianto è concettualmente identico a quello della demineralizzazione vista sopra e la differenza consiste nel fatto che i due tipi di resine sono mescolati in un unico contenitore mentre la rigenerazione della resina avviene con manovre opportune dividendo le due resine e rigenerandole separatamente.

Il trattamento consente di ridurre al minimo le fughe di salinità e ottenere quindi di ottenere un'acqua a purezza molto elevata.

Per impianti funzionanti ad alta pressione è fondamentale avere acqua con elevata purezza.

La rigenerazione delle resine, che mediamente ha una durata di 2 / 3 ore, deve essere effettuata in controcorrente per ridurre:

- il consumo di rigeneranti;
- il fabbisogno di acqua di risciacquo;
- e migliorare la qualità dell'effluente.

A monte dell'impianto di acqua demineralizzata, a seconda delle caratteristiche dell'acqua disponibile (acqua di pozzo) si dovranno prevedere idonei pre-trattamenti per eliminare eventuali sostanze quali il ferro, il manganese, ..etc.

Vantaggi ambientali – Il corretto funzionamento dell'impianto demi assicura che la durezza dell'acqua sia la più bassa possibile al fine di evitare la formazione di incrostazioni di calcare nella caldaia e di conseguenza una miglior resa energetica della stessa.

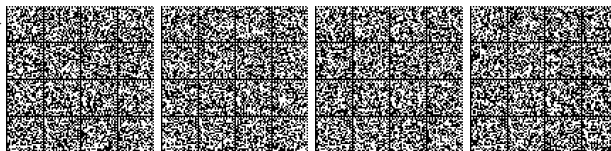
Effetti incrociati – Produzione di reflui acidi e alcalini per la rigenerazione delle resine

Dati operativi – L'impianto deve essere oggetto di periodico controllo per la pianificazione delle manutenzioni, allo scopo di garantire l'efficacia del funzionamento nel tempo.

Applicabilità – Ampiamente disponibile, non implica modifiche di rilievo degli impianti esistenti.

Aspetti economici: Migliora il rendimento e diminuisce la deperibilità delle caldaie e degli scambiatori.

Cogenerazione

Alcuni settori dell'industria alimentare possono richiedere grandi quantità di energia termica, (ad es. nell'industria dello zucchero per la concentrazione delle soluzioni zuccherine); a tale

tipologia di energia si aggiunge la necessità di energia elettrica, occorrente per il funzionamento delle macchine presenti in fabbrica.
E' dunque questa la situazione ideale per ricorrere alla cogenerazione, cioè alla generazione combinata di energia elettrica e termica. Nel settore dello zucchero, in particolare, tale tecnologia consiste nell'utilizzo di turboalternatori a contropressione; in queste macchine non viene scaricato vapore saturo umido che poi deve essere inviato ad un condensatore, ma vapore in condizioni di P e T tali da poter essere utilizzato (dopo opportuno desurriscaldamento) come fluido riscaldante.

Vantaggi ambientali – L'utilizzo della cogenerazione, visto il suo altissimo rendimento (fino all'80%), consente la riduzione del consumo di energia rispetto alle produzioni separate e quindi delle emissioni in atmosfera.
Un altro vantaggio ambientale è costituito dal risparmio di notevoli quantità di acqua.

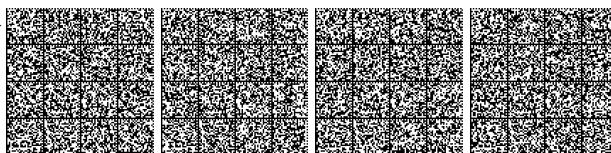
Applicabilità – La soluzione è tecnicamente applicabile per gli impianti nei settori lattiero-caseario, delle materie grasse vegetali e negli zuccherifici.

Aspetti economici – La sostenibilità economica deve essere valutata per il singolo sito produttivo.

Uso efficiente dell'energia elettrica.

La distribuzione dell'energia elettrica all'interno dello stabilimento industriale è realizzata di solito in media tensione (15000 V), ovvero in bassa tensione (380 V) alternata trifase.
Le linee elettriche sono soggette a perdite dell'energia elettrica trasmessa, causate dall'effetto Joule (trasformazione in calore dell'energia elettrica che transita in un conduttore). Le perdite variano mediamente dal 2-3% (valore ottimale) al 5-6 % (valore massimo da non superare) dell'energia trasmessa.
Le perdite lungo una determinata linea dipendono da parametri fisici caratteristici della linea e da parametri elettrici di esercizio della linea stessa.
Le migliori tecniche disponibili per ridurre la potenza trasmessa sono:

- l'installazione di motori ad alta efficienza (a parità di potenza assorbita dall'utilizzatore);
- il rifasamento (per aumentare il fattore di potenza).

Impiego di motori elettrici ad alto rendimento in sostituzione di motori elettrici di efficienza standard soggetti a revisione.
Recenti studi hanno dimostrato che circa il 74 % dell'energia elettrica generata in Italia viene utilizzata nei motori elettrici. Risulta quindi sicuramente appropriato valutare i benefici derivanti dall'ottimizzazione di tale componente.
Negli ultimi 30 anni, la necessità di ridurre i costi di investimento dei motori elettrici ha spinto i costruttori a ridurne il ferro e il rame contenuti con il risultato di diminuirne l'efficienza.
Attualmente la tendenza dei costruttori è invece quella di aumentare l'efficienza riducendo le perdite per effetto Joule, le perdite meccaniche e le perdite nel ferro (correnti parassite) mediante l'impiego di nuovi materiali, l'ottimizzazione del progetto, il processo di fabbricazione più efficiente. Inoltre l'impiego di ventole di raffreddamento più piccole ed efficienti, riduce la rumorosità.
L'impiego di un motore ad alta efficienza consente di migliorare il rendimento dei motori standard. I vantaggi sono variabili per classe di potenza, raggiungendo aumenti notevoli del 8-10 % per piccoli motori, circa 1 kW, scendendo ad aumenti del 4-5 % per potenze intorno a 30 kW, riducendosi ad aumenti del 1-1,5 % per potenze intorno a 90 kW. Oltre tale potenza la

differenza tra motori ad alta efficienza e motori standard diventa trascurabile. I rendimenti dei motori ad alta efficienza variano, per le stesse classi di potenza, da 0,84 a 0,93 a 0.94.
Molti motori standard, in particolare quelli di grande potenza o quelli speciali, sono soggetti a frequenti revisioni durante la vita utile. Prove effettuate hanno rilevato che la revisione di un motore riduce il rendimento dello 0,5 – 4 %. In pratica, se la potenza di esercizio del motore cala al di sotto del 7-8 %, risulta non economico procedere alla revisione. Comunque, la decisione di sostituire o revisionare un motore sulla base dei costi di esercizio dipende da alcuni dati specifici: ore annue di esercizio, carico sul motore, costo dell'elettricità, costi di riparazione, costo del nuovo motore, ecc.

Vantaggi ambientali **–** La riduzione del consumo elettrico, conseguito dall'azienda utente, comporta effetti benefici sulle emissioni in atmosfera che vengono conseguiti dal produttore di energia elettrica, in quanto cala la domanda di energia elettrica dell'utente sulla rete di distribuzione. Mentre il beneficio energetico va imputato all'azienda, il beneficio ambientale di questa MTD va valutato e imputato alla collettività.

Effetti incrociati – nessuno

Dati operativi – L'applicazione della tecnica produce un risparmio energetico medio del 3-5 % sui consumi elettrici dell'azienda.

Applicabilità – Tecnica ormai consolidata ed applicabile a qualunque impianto esistente. Anche per motori di bassa potenzialità e costo è opportuno valutare, stante il possibile beneficio economico gestionale, la possibilità di sostituzione con motori ad alta efficienza in alternativa alla revisione od alla sostituzione con motori tradizionali.

Aspetti economici: I motori ad alto rendimento hanno un costo maggiore del 20-40 % rispetto ai motori standard. Tuttavia, a fronte di un risparmio medio nel consumo di energia elettrica del 3-5 %, si riesce a conseguire un tempo medio di ritorno dell'investimento pari a 2-4 anni.

Rifasamento

Il fattore di potenza è un parametro che varia in assoluto tra 0 e 1 (valori ricorrenti di esercizio variano tra 0,85 e 0,92): più alto è il fattore di potenza, più basso è il valore della corrente. Il valore di contratto elettrico (cos φ = 0,9) si raggiunge quando la potenza reattiva richiesta alla rete dall'utilizzatore diminuisce fino a raggiungere il 50% della potenza attiva. Nel normale esercizio la potenza reattiva necessaria al funzionamento è maggiore del 50% della potenza attiva e quindi cos φ è inferiore a 0,9. Per non incorrere nelle penali previste dal contratto si installano, in parallelo alle utenze, batterie di condensatori di rifasamento che erogano agli utilizzatori la potenza reattiva necessaria ad aumentare il cos φ a valore 0,9 e limitano di conseguenza il prelievo di reattiva dalla rete al valore consentito dal contratto pari al 50% dell'attiva.
Si noti che l'effetto del rifasamento si manifesta unicamente per i tratti di linea a monte del punto di installazione delle batterie di rifasamento, per cui il rifasamento distribuito presso i singoli utilizzatori riduce le correnti e quindi le perdite in ogni tratto del circuito interno allo stabilimento ma risulta piuttosto costoso; il rifasamento centralizzato, effettuato nel punto di consegna della fornitura elettrica, non riduce le perdite interne ma riduce solo le penali per cos fi < 0,9 e risulta ovviamente meno costoso.

Vantaggi ambientali - La riduzione delle perdite sulla rete elettrica comporta effetti benefici sulle emissioni in atmosfera che vengono conseguiti dal produttore di energia elettrica, in quanto cala la domanda di energia elettrica dell'utente sulla rete di distribuzione. Mentre il beneficio economico va imputato all'azienda, il beneficio ambientale di questa MTD va valutato e imputato alla collettività.

Effetti incrociati - Nessuno

Applicabilità – Tecnica ormai consolidata ed applicabile a qualunque impianto esistente. L'applicazione all'interno della rete elettrica aziendale risulta consigliabile nei casi di motori di grande potenza per i quali le perdite nelle linee a monte sono sensibili.

Dati Operativi: L'applicazione della tecnica, nell'ipotesi di un rifasamento tipico industriale, produce un risparmio medio di energia elettrica nelle linee a monte del 8-20% del carico della linea.

Aspetti economici – Sono interventi che mediamente hanno tempi di ritorno di 1-2 anni.

Installazione di contatori su ciascun comparto produttivo e/o su ciascuna macchina

Il presupposto indispensabile per l'ottimizzazione e la riduzione dei consumi energetici è la definizione di un processo di "Targeting e Monitoring".

Per il monitoring è indispensabile l'installazione di contatori su singole apparecchiature o su processi "omogenei"; mentre, per il targeting è fondamentale la conoscenza della correlazione dei consumi (letti al contatore) con gli output dei processi al fine di avere uno strumento di gestione degli scostamenti.

Vantaggi ambientali - Si riducono i consumi di energia

Effetti incrociati - Nessuno

Applicabilità – Valutazione dei dati di utilizzo

Aspetti economici – Da valutare caso per caso

Controllo emissioni in atmosfera

Sostituzione dei combustibili liquidi con combustibili gassosi per il funzionamento degli impianti di generazione del calore.

Il gas è praticamente esente da zolfo e azoto e quindi nella combustione i fumi prodotti hanno caratteristiche decisamente più accettabili. Nel caso sia disponibile l'approvvigionamento di gas la conversione degli impianti di generazione del calore da combustibile liquido a metano è da prevedere.

Vantaggi ambientali - L'emissione in atmosfera di SO_2 e NO_x è decisamente inferiore

Effetti incrociati - nessuno

Dati operativi - Debbono essere modificati i sistemi di approvvigionamento e sostituiti i bruciatori

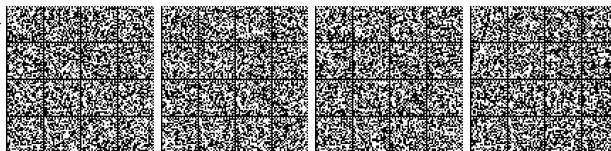
Applicabilità - Nella maggior parte delle installazioni che possono essere collegate ad una rete di gas combustibile.

Aspetti economici - Onerosità degli interventi di modifica. Il costo di gestione può essere superiore, ma nel bilancio economico vanno considerati anche i minori costi per l'abbattimento degli inquinanti in atmosfera e per la manutenzione.

Controllo in continuo dei parametri della combustione e del rendimento

Adozione di un sistema di controllo della combustione per mezzo di analizzatori in continuo dell'ossigeno libero, dell'ossido di carbonio e di rivelatori di temperatura nei gas effluenti obbligatorio per impianti con potenza termica pari o superiore a 6 MW.

Vantaggi ambientali - Possibilità di controllare e mantenere costantemente i valori di emissione al disotto dei limiti prefissati, intervenendo in tempo reale grazie al sistema di monitoraggio in continuo

Effetti incrociati – Il controllo del rendimento della combustione e il suo mantenimento a livelli superiori al 90%, determina un benefico effetto sui consumi energetici

Dati operativi – E' necessario applicare una procedura di controllo e di regolazione
Applicabilità – Tecnica disponibile e sufficientemente consolidata
Aspetti economici - E' l'aspetto sinergico (vedere "Cross-media effect) che garantisce il mantenimento di alti rendimenti (al disopra del 90%) dell'impianto di combustione.
Il mancato controllo dei parametri e di conseguenza i mancati interventi di regolazione dell'efficienza della combustione possono comportare degli incrementi dei costi energetici.

Riduzione dei rischi di emissione in atmosfera da parte di impianti frigoriferi che utilizzano ammoniaca (NH_3)
Adozione di interventi e sistemi di misura quali quelli di seguito illustrati.

- Sistemi di controllo ed allarme (rivelatori) in presenza di fughe di ammoniaca nella centrale frigo. i rivelatori sono tarati a differenti valori di soglia (concentrazioni in parti per milione);
  - il raggiungimento del primo valore di soglia attiva automaticamente un sistema di allarme
  - il secondo mette in azione un sistema di estrazione dell'aria tramite apposito ventilatore, dotato di ventola in materiale antiscintilla e, se necessario, motore a prova di esplosione. L'aria evacuata può essere indirizzata ad un impianto di abbattimento, ad esempio "scrubber" ad umido.
- In alternativa ai rivelatori si può adottare un sistema di ventilazione in continuo della "sala macchine" mediante un ventilatore appositamente dimensionato come da normativa vigente costruito con materiali antiscintilla. L'impianto di ventilazione deve essere collegato ad un sistema di blocco della forza motrice ed illuminazione che entrerà in funzione con un ritardo massimo di 30 minuti in caso di non regolare funzionamento dell'impianto di ricambio d'aria artificiale.
- Tubazione, appositamente dimensionata, di raccolta degli sfiati delle valvole di sicurezza e convogliamento degli stessi all'inteno di una vasca o serbatoio di assorbimento contenenti acqua ed appositamente dimensionati.
- Per i circuiti secondari dedicati al raffreddamento dei locali di stoccaggio con temperature prossime allo zero, ove sostenibile dal punto di vista ambientale, tecnologico ed economico può essere valutata la sostituzione dell'NH_3 con altri fluidi refrigeranti, ad esempio acqua glicolata.
- Procedura tecnico-gestionale per gli impianti con presenza di gas tossici. Lo scopo della procedura è quello di descrivere: le caratteristiche e la dimensione dell'impianto e la quantità di ammoniaca presente, i sistemi automatici di sicurezza adottati, le tecniche di pronto intervento in caso di emergenza (schemi degli impianti, DPI a disposizione della squadra di pronto intervento, metodologie di intervento sugli impianti in base al tipo di emergenza, primo soccorso)

Vantaggi ambientali - riduzione del rischio di diffusione in atmosfera di quantità, anche considerevoli, di un gas tossico ed esplosivo a determinate concentrazioni. Nel caso di sostituzione nei circuiti secondari dell'ammoniaca con altri fluidi refrigeranti, si potrebbe circoscrivere il rischio alla sala macchine con maggior rapidità in caso di interventi di emergenza
Effetti incrociati – piccoli aumenti dei consumi energetici
Dati operativi – Come tutti i sistemi di sicurezza necessitano di verifiche periodiche. Le procedure di emergenza devono essere oggetto di simulazioni.
Applicabilità – Tecniche disponibili che non implicano stravolgimenti degli impianti, fatta salva l'adozione di acqua glicolata come fluido refrigerante.
Aspetti economici – L'installazione degli impianti e gli interventi di verifica e manutenzione rappresentano un aspetto economico importante. Il risparmio è rappresentato

dai mancati esborsi successivi a un incidente, che potrebbe rappresentare anche il fermo parziale o totale degli impianti produttivi.

Abbattimento polveri
Diversi comparti dell'industria alimentari, quali ad es. il molitorio e la produzione dello zucchero, comportano l'emissione di polveri, materiale particellare prodotto durante il processo produttivo. Durante le operazioni di stoccaggio, trasporto e lavorazione di materiali pulverulenti le polveri emesse vengono aspirate con idonei impianti di captazione delle polveri a secco ed inviate a sitemi di abbattimento che possono essere realizzati con differenti tecnologie che vengono di seguito analizzate.

Abbattimento polveri mediante cicloni e multicicloni
Il ciclone è il più antico e semplice mezzo per l'abbattimento delle polveri, ma ha una limitata capacità di purificazione. Si tratta di un apparato statico: la parte superiore dell'apparecchio è costituita da un corpo cilindrico al centro del quale è inserito un camino di scarico quella inferiore è invece tronco-conica al fine di facilitare il convogliamento delle polveri separate che possono essere rimosse dal fondo dell'apparecchiatura.

Vantaggi ambientali – Prevenzione e controllo delle emissioni di polveri nell'ambiente esterno, anche se il ciclone ha una ridotta capacità di purificazione..

Effetti incrociati – Produzione di rifiuti in quantità decisamente limitate e trascurabili, in particolar modo nel caso di recupero parziale od integrale delle polveri prodotte nel processo produttivo (ad es. nella produzione dello zucchero).

Dati operativi – Questo tipo di apparecchiature, non avendo parti in movimento, richiede una modesta manutenzione, è di relativamente facile installazione (eventuali problemi possono presentarsi solo in mancanza di spazio), l'unico problema che si può eventualmente presentare è dovuto alle perdite di carico nel multiciclone. Le efficienze dei due tipi di separatore sono, rispettivamente, pari al 70 al 90% per il ciclone, tra l'80 ed il 95% per il multiciclone.

Applicabilità – I cicloni sono generalmente utilizzati come pretrattamento a monte di altri sistemi di abbattimento. Il loro utilizzo senza altre tecniche di abbattimento deve essere valutato in relazione al raggiungimento di prestazioni ambientali accettabili.

Aspetti economici – Costi variabili; il ciclone non implica alcun consumo d'energia, o particolare manutenzione.

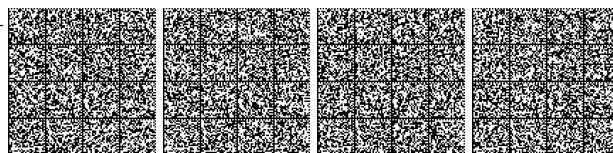
Abbattimento polveri mediante filtri a maniche
Consiste in una serie di maniche filtranti, in tessuto permeabile all'aria, le cui estremità sono collegate con due camere metalliche. La superiore riceve l'aria proveniente dal ventilatore e la distribuisce alle maniche, da dove fuoriesce purificata nell'atmosfera. L'inferiore raccoglie le polveri che vi cadono per gravità. Il numero di maniche filtranti è direttamente collegato al volume d'aria da filtrare.

Vantaggi ambientali – Prevenzione e controllo delle emissioni di polveri nell'ambiente esterno.

Effetti incrociati – Produzione di rifiuti in quantità decisamente limitate e trascurabili.

Dati operativi – L'efficienza di questi tipo di filtro è dell'ordine del 90%.

Applicabilità – In tutti gli impianti.

Aspetti economici – Costi variabili.

Controllo del rumore

Per l'industria alimentare in genere non si hanno punti critici per il rumore, con le dovute eccezioni per alcuni settori particolari, quali quello molitorio, o per particolari apparecchiature (quali i compressori). Nel caso di ubicazione all'interno di centri abitati c'è da considerare anche l'effetto negativo provocato dai mezzi che portano materie prime, ingredienti, semilavorati, imballaggi e che trasportano i prodotti finiti. Alcuni impianti possono essere interessati dall'emissione di rumori derivanti dagli impianti di raffreddamento e congelamento e dalle ventole di raffreddamento dei fluidi di refrigerazione e dai compressori dell'aria. Anche l'impianto di depurazione degli effluenti idrici spesso provoca rumori molesti che vengono avvertiti soprattutto nelle ore notturne.
Le problematiche relative al rumore possono essere affrontate con interventi di carattere tecnico quando ciò è possibile ed anche economicamente fattibile, in alternativa si deve optare per degli interventi di carattere organizzativo.
Per quanto riguarda i primi è difficile fare degli esempi in quanto, innanzitutto, il livello di rumorosità da abbattere deve essere prima misurato e scisso nelle sue componenti, solamente dopo bisogna valutare quale intervento adottare.
Un controllo dei rumori implica quindi la loro quantificazione, una valutazione della riduzione delle fonti di generazione del rumore, l'attivazione delle migliori modalità di riduzione, da studiare in base agli inconvenienti prodotti.

Utilizzo di un materiale multi-strato fonoassorbente per i muri interni dell'impianto.

Vantaggi ambientali – Riduzione delle emissioni sonore emesse verso l'ambiente esterno.

Effetti incrociati – Nessuno.

Dati operativi – Devono essere installati materiali fonoassorbenti all'interno delle pareti.

Applicabilità – Tecnica disponibile e consolidata in tutti gli impianti.

Aspetti economici – Costo limitato

Muri esterni costruiti con materiale amorfo ad alta densità.

Vantaggi ambientali – Riduzione delle emissioni sonore emesse verso l'ambiente esterno.

Effetti incrociati – Nessuno.

Dati operativi – I muri esterni devono essere fatti di materiale amorfo ad alta densità..

Applicabilità – Tecnica disponibile e consolidata, ma solo per impianti nuovi.

Aspetti economici – Costo limitato

Riduzione dei livelli sonori all'interno dell'impianto.

Vantaggi ambientali – Riduzione delle emissioni sonore emesse verso l'ambiente esterno intervenendo sull'ambiente lavorativo interno.

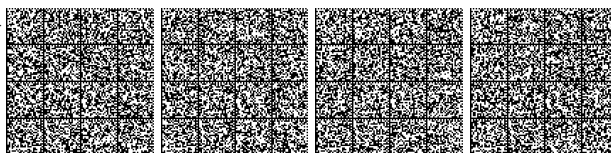
Effetti incrociati – Riduzione del rumore interno con conseguente aumento dei benefici nei confronti dei lavoratori.

Dati operativi – Interventi strutturali per ridurre il rumore.

Applicabilità – Tecnica applicabile a impianti nuovi e a impianti esistenti, ma in questo ultimo caso il rapporto costi-benefici deve essere attentamente valutato.

Aspetti economici – Costi elevati.

Piantumazione di alberi nell'area circostante all'impianto.

Vantaggi ambientali – Riduzione delle emissioni sonore emesse verso l'ambiente esterno.

Effetti incrociati – Miglioramento dell'impatto visivo.

Dati operativi – Piantumazione di nuova vegetazione all'esterno dell'impianto.

Applicabilità – L'efficacia di tali barriere è strettamente legata al tipo di vegetazione scelta, ad esempio una piantumazione di specie a foglie sempreverdi consente caratteristiche di abbattimento costanti per tutto l'anno, e alla continuità della barriera; tuttavia, l'abbattiment offerto da questo tipo di barriere è abbastanza contenuto, nell'ordine di 1 dB(A) per ogni 3 m di spessore della fascia piantumata, quindi di fatto adottabile per situazioni non particolarmente critiche con ampie fasce di territorio non edificato tra i ricettori e la sorgente del rumore.

Aspetti economici – Costi limitati.

Riduzione del numero di finestre o utilizzo di infissi maggiormente isolanti (vetri a maggiore spessore, doppi vetri etc..).

Vantaggi ambientali – Riduzione delle emissioni sonore emesse verso l'ambiente esterno.

Effetti incrociati – Possibile contemporaneo miglioramento dell'isolamento termico dell'edificio.

Dati operativi – Riduzione del numero di finestre ed utilizzo di vetri più spessi.

Applicabilità – Tecnica applicabile in tutti gli impianti, ma con risultati limitati.

Aspetti economici – Costi medio-alti.

Altri interventi volti alla riduzione del rumore

Altri interventi possono essere i seguenti:

- porte e portoni silenziati;
- ventilatori per l'estrazione dei vapori, fumi o polveri con motori silenziati (a basso numero di giri).

Interventi di carattere gestionale possono invece essere:

- istruzioni operative che limitino il funzionamento di parti di impianti/macchine unicamente durante il periodo diurno
- procedure interne che prevedano un'adeguata programmazione e localizzazione dei cicli di lavoro in relazione alle esigenze di contenimento della rumorosità.

Vantaggi ambientali - Prevenzione e controllo degli effetti negativi derivanti dal rumore

Effetti incrociati - nessuno

Dati operativi - Per gli impianti di raffreddamento dei liquidi refrigeranti è indispensabile una buona manutenzione e pulizia programmata delle ventole, che da sola può ridurre sensibilmente il problema. I compressori degli impianti di produzione del freddo possono essere isolati adeguatamente (motori, porte e pareti)

Applicabilità - Nella maggior parte delle installazioni.

Aspetti economici - In alcuni casi sicuramente onerosi.

Trattamenti di depurazione delle acque

La presenza di un impianto di depurazione per il trattamento dei reflui liquidi prodotti nell'industria alimentare deve essere considerata la MTD di eccellenza per quella quota parte residua di inquinamento non eliminabile operando a monte, sul processo produttivo. Per un esame delle varie tipologie di processi di depurazione delle acque reflue prodotte dalle industrie alimentari si rimanda alla trattazione inserita nel capitolo D.

Verranno qui invece illustrate alcune possibili MTD aggiuntive relative a tale sezione di impianto.

Riduzione del carico di solidi e di colloidi al trattamento per mezzo di diverse tecniche. Prevenire la stagnazione di acqua, eliminare preventivamente i solidi sospesi attraverso l'uso di griglie, eliminare il grasso dall'acqua con appositi trattamenti meccanici, adoperare un flottatore, possibilmente con l'aggiunta di flocculanti, per l'ulteriore eliminazione dei solidi .
Sono pratiche che mirano a ridurre il carico di solidi e di grassi al depuratore e di conseguenza al corpo recettore. La loro pratica applicazione dipenderà dalle caratteristiche dei reflui prodotti dallo stabilimento ed inviati al trattamento.

Vantaggi ambientali - L'emissione di solidi sospesi in acqua viene ridotta al massimo tecnicamente possibile.

Effetti incrociati - nessuno

Applicabilità - Nella maggior parte delle installazioni dove è rilevante la presenza di oli e/o grassi nell'effluente.

Aspetti economici – Abbastanza onerosi (installazione di un flottatore). Deve essere valutata caso per caso la fattibilità tenendo conto dei possibili minori oneri di gestione.

Riduzione dei consumi energetici per mezzo dell'utilizzo di una sezione di equalizzazione delle acque di scarico e del corretto dimensionamento dell'impianto di trattamento stesso.
L'adozione di una fase di equalizzazione inserita a monte dell'impianto di trattamento consente di ridurre le variazioni del carico in ingresso sia in termini volumetrici che di carico inquinante. Ciò si traduce in un funzionamento maggiormente costante dell'impianto stesso evitando sprechi energetici legati alle fasi transitorie. Analogamente il corretto dimensionamento dell'impianto produce effetti benefici sulle fasi che comportano consumi energetici (ad es. l'aerazione nel trattamento a fanghi attivi, la rimozione dei fanghi nella sedimentazione) evitando sprechi. Inoltre il funzionamento dell'impianto in condizioni non ottimali può comportare la generazione di odori dovuti all'instaurarsi di zone con scarsa ossigenazione adatte allo sviluppo di flore batteriche anaerobiche all'interno delle varie apparecchiature. Nella fase di aerazione, qualora i livelli nelle vasche siano insufficienti (ad es. in mancanza di una fase di equalizzazione ed in corrispondenza di un periodo di basso carico idraulico) e si adotti l'aerazione superficiale con turbine fisse si possono incrementare i fenomeni di turbolenza superficiale con correlata formazione di aerosol.

Vantaggi ambientali – Riduzione dei consumi energetici. Riduzione della formazione di odori. Riduzione della formazione di aerosol.

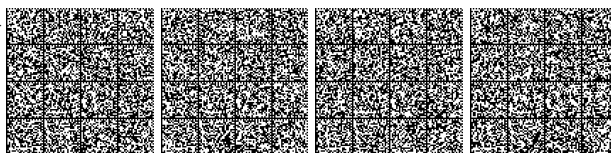
Effetti incrociati - nessuno

Applicabilità - Nella maggior parte delle installazioni di nuova costruzione o nel caso di ristrutturazione dell'impianto di trattamento. Per gli impianti esistenti andranno valutate le disponibilità di spazi.

Materie prime

Scelta della materia grezza
La qualità e le condizioni della materia grezza ed i sistemi di conferimento, scarico e invio alle linee possono condizionare fortemente la quantità di prodotto di scarto, che si traduce, a seconda dei casi, in una maggior quantità di rifiuti e/o in un maggior carico organico eliminato attraverso gli effluenti idrici.

Vantaggi ambientali – Minor quantità di rifiuti e di carico organico destinato al trattamento di depurazione

Effetti incrociati - nessuno

Dati operativi - Debbono essere instaurati rapporti di fiducia con i fornitori e standard rigorosi di accettabilità.

Applicabilità - Nella maggior parte delle installazioni.

Aspetti economici – da valutarsi caso per caso.

Valutazione e controllo dei rischi presentati dai prodotti chimici utilizzati nell'industria alimentare

In alcuni settori dell'industria alimentare (quali ad esempio le conserve vegetali) si utilizzano coadiuvanti tecnologici di vario genere, sia per alcuni processi (pelatura a soda, controllo pH, coagulazione, ecc.), sia per il corretto funzionamento degli impianti (trattamento acque primarie, clorazione, ecc.). Si tratta di prodotti chimici-che debbono essere valutati sulla base del Regolamento CE 793/93.

Altri prodotti possono essere impiegati per il lavaggio, la pulizia, la disinfezione degli impianti, dei locali di lavorazione e delle strutture accessorie (prodotti caustici, acidi minerali, disinfettanti, ecc.).

Per tutti i prodotti chimici è necessaria una corretta gestione e la minimizzazione delle quantità utilizzate.

Vantaggi ambientali – Minor quantità di rifiuti pericolosi e di carico inquinante, anche non biodegradabile, destinato al trattamento di depurazione

Effetti incrociati - nessuno

Applicabilità - Nella maggior parte delle installazioni.

Aspetti economici – Da valutarsi caso per caso.

Scelta di alternative valide nell'uso dei prodotti di disinfezione

La necessità di garantire standard accettabili di sanitizzazione di locali, impianti e superfici destinati a venire a contatto con le sostanze alimentari pone alcuni vincoli non superabili. Sono disponibili, ma non alternativi, biocidi ossidanti (cloro, bromo e loro derivati, ozono, acqua ossigenata, acido peracetico), biocidi non ossidanti (sali di ammonio quaternario, formaldeide/glutaraldeide), radiazioni UV e vapore.

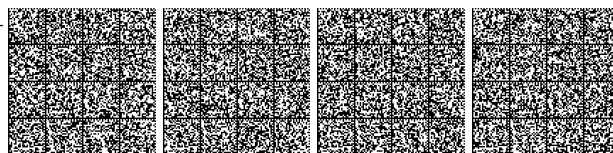
Il cloro e i suoi derivati (ipoclorito, biossido di cloro, cloro gas) sono i prodotti più utilizzati; favoriscono il loro impiego l'efficacia, il costo relativamente basso e l'azione che perdura anche dopo il trattamento e quindi l'efficacia in sistemi aperti che possano essere ricontaminati. A loro svantaggio, il fatto che reagiscano con tutte le sostanze organiche presenti e quindi la minor efficacia (o la conseguente necessità di sovradosaggi), la formazione di sostanze maleodoranti (clorammine) e l'immissione nell'ambiente di sostanze clorurate che possono dar origine a contaminazioni gravi delle falde idriche (formazione di cloro-derivati organici) e la forte aggressività.

La tendenza attuale è di limitare ai casi di assoluta indispensabilità i disinfettanti a base di cloro attivo, per evitarne l'immissione nell'ambiente acquatico. L'impiego di disinfettanti può essere proporzionalmente ridotto se vengono migliorate le fasi di lavaggio e pulizia.

Tutti gli altri prodotti citati, le radiazioni UV e il vapore hanno diversi gradi di efficacia e di persistenza; sono pertanto usati soprattutto in sistemi chiusi non ricontaminabili.

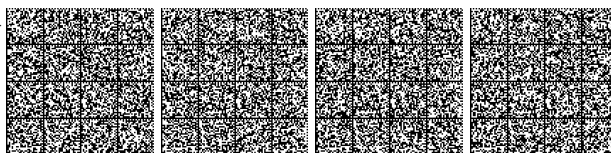
Vantaggi ambientali - Probabile riduzione del consumo di prodotti chimici e minor emissione di inquinanti inorganici e biocidi destinati al trattamento di depurazione Nel caso di sostituzione dei prodotti a base di Cloro si ha una riduzione della probabilità di formazione di idrocarburi alogenati e di composti organoclorurati

Effetti incrociati – da valutarsi caso per caso; in particolare deve essere garantita la salubrità del prodotto alimentare

Dati operativi - Debbono essere garantiti i livelli di disinfezione richiesti. I disinfettanti in commercio sono o più cari o meno efficaci dei disinfettanti clorurati.

Applicabilità – Da valutare caso per caso.
Aspetti economici - I prodotti non clorurati, a parità di efficacia sono più cari

Scelta di alternative valide nell'uso di prodotti chelanti al fine di minimizzare l'uso di EDTA
I prodotti chelanti sono utilizzati soprattutto per eliminare e prevenire la formazione di incrostazioni (Calcio) in tubazioni, vasche e recipienti in genere (sterilizzatori a piastre, impianti di ultrafiltrazione, ecc.). Tra i più diffusi l'acido etilendiamminotetraacetico (EDTA), il nitrilotriacetato (NTA), la metilglicin diacetato (MGDA) fosfati , polifosfati e fosfonati.
Ferma restando la necessità generale di minimizzare l'utilizzo delle sostanze chimiche, la riduzione dell'impiego di EDTA è di particolare rilevanza per la sua ecotossicità e può essere ottenuta per mezzo della scelta di valide alternative ovvero per mezzo della realizzazione di circuiti chiusi.
Vantaggi ambientali - Minore emissione di EDTA che, oltre all'effetto diretto sull'ambiente, può ridurre anche l'efficacia del trattamento di depurazione.
Effetti incrociati - nessuno
Applicabilità - In tutte le installazioni dove si usa EDTA, ove tecnicamente possibile.

Impiego di sistemi di lavaggio CIP

Impiego di un sistema di lavaggio denominato CIP (*Cleaning In Place*) con cicli totalmente automatizzati regolati da PLC.
Il sistema è normalmente costituito da 3 serbatoi (accumulo acqua potabile, soluzione alcalina e soluzione acida) e da un numero sufficiente di linee, ciascuna dedicata al lavaggio di aree (parti di impianto) ben definite. La sequenza di lavaggio standard prevede: risciacquo iniziale, lavaggio alcalino, risciacquo intermedio, lavaggio acido e risciacquo finale. La presenza di 3 risciacqui ha portato all'esigenza di un quarto serbatoio (acqua di recupero: in questo serbatoio viene stoccata la parte finale del risciacquo (30-50%) per essere utilizzata al posto dell'acqua potabile, da utilizzare quindi solo nel risciacquo iniziale.
Il ripristino della concentrazione delle soluzioni è effettuato partendo da uno stoccaggio centralizzato, con trasferimento delle sostanze con tubazioni e pompe dedicate, con la misura di un conduttivimetro. Lo stesso strumento in abbinamento ad un flussimetro è utilizzato per la separazione delle varie fasi: soluzione – acqua, acqua – soluzione, acqua a perdere - recupero. Il PLC è in grado di controllare, gestire e registrare, supportato da opportuna strumentazione, portata, temperatura, concentrazione e durata di ogni operazione, sostituendo e migliorando il controllo umano.
La gran parte dei sistemi di lavaggio CIP (cleaning-in-place) consentono il totale ricircolo fino a che le sostanze hanno perso la loro efficacia o sono troppo cariche di sostanza organica in sospensione e quindi le emissioni di queste sostanze pericolose sono ridotte al minimo, ma evidentemente il riciclo non può essere eterno e periodicamente si devono scartare e sostituire, con conseguente immissione in fognatura. A questo proposito va ricordato che è preferibile segregare temporaneamente tali sostanze in apposite vasche di bilanciamento, utilizzando, se possibile l'arrivo di sostanze a pH acido e alcalino in modo da avere parziale neutralizzazione e limitare quindi l'uso di prodotti neutralizzanti allo stretto necessario.
Vantaggi ambientali - Ottimizza l'utilizzo dell'energia (vapore e elettricità) regolando automaticamente temperatura e portata secondo l'utenza da lavare (termoregolazione, misuratore di flusso su linea ed inverter su pompa di mandata).
Controlla la concentrazione delle soluzioni di lavaggio e quindi evita l'utilizzo improprio di detergenti e quindi l'eccessivo consumo degli stessi.

La riduzione stimata dei consumi di energia e di detergenti rispetto all'esecuzione in manuale dei lavaggi è superiore al 20%; è inoltre ridotto a livello trascurabile il rischio per gli operatori.
Riduce il numero di contenitori di sostanze pericolose presenti nello stabilimento, grazie a serbatoi ubicati in aree appositamente dedicate, dotati di vasche di contenimento (per evitare la dispersione in caso di fughe accidentali).

Effetti incrociati - effetti positivi sulle acque di scarico, sui consumi energetici e nella gestione delle sostanze pericolose

Dati operativi - Debbono essere garantiti i livelli di pulizia e sanificazione richiesti.

Applicabilità - Nella maggior parte delle installazioni.

Aspetti economici - Il ritorno dell'investimento è stimato essere in 3-5 anni, stimato sulla base di queste tipologie di risparmio: energia, detergenti, acqua, costi di manodopera. È possibile, inoltre, sommare ulteriori forme di risparmio non facili da stimare quali il miglioramento della qualità del prodotto e la riduzione di infortuni o incidenti.

Traffico e movimentazione materiali

Applicazione di una procedura di gestione del traffico all'interno dello stabilimento, adozione di apposita cartellonistica, di adeguate indicazioni, limiti di velocità e, se il caso, sistemi di rallentamento degli automezzi: quali dossi artificiali ecc.
Procedura di prevenzione delle fuoriuscite o spargimenti di sostanze liquide, gassose o materiali pericolosi per l'ambiente.
Il documento deve fornire una guida in merito alle azioni da intraprendere in presenza degli eventi descritti ed è così strutturato:

- per ogni reparto ed area esterna dello stabilimento devono essere individuate le tipologie e le quantità di sostanze pericolose per l'ambiente presenti
- si osservano le tipologie di stoccaggio presenti -serbatoi interrati/fuori terra, fusti fustini o IBC (Intermediate, Bulk Container) e si valuta la presenza o l'efficienza dei sistemi di contenimento o di allarme
- Si possono installare, in caso di raccolta acque meteoriche differenziate dalle altre, valvole di intercettazione per favorire l'idoneo recupero delle sostanze per sversamenti accidentali all'interno dello stabilimento
- si redige un programma di ispezioni/controlli periodici
- viene istituita una apposita squadra di emergenza che, in caso di pronto intervento, conosca il modo di agire al fine di contenere gli sversamenti in relazione alla tipologia del materiale coinvolto nell'emergenza. Sappia inoltre intervenire sui sistemi di intercettazione (valvole, rubinetti, ecc.)

Vantaggi ambientali - Riduzione delle probabilità di incidenti causati da fuoriuscite/rilasci di materiali pericolosi per l'ambiente allo stato liquido, gassoso, solido. In caso di emergenza la presenza di una squadra appositamente addestrata riduce il pericolo di una diffusione dell'inquinamento nelle acque di scarico, nel suolo/sottosuolo ed acque sotterranee ed in atmosfera.

Effetti incrociati - Esiste un effetto sinergico con i seguenti comparti ambientali: suolo ed acque sotterranee, acque , gestione delle sostanze pericolose e rifiuti.

Applicabilità – Nella maggior parte degli impianti.

Aspetti economici - Evitare sprechi di sostanze e materie prime provocati da incidenti in fase di trasporto all'interno dello stabilimento. Ridurre il rischio di "fermo impianto" in presenza di gravi incidenti.

Gestione dei rifiuti

Raccolta differenziata
Applicazione di una procedura per la gestione dei rifiuti di imballaggi secondari e terziari, comprendente un sistema di raccolta differenziata, in alcuni casi anche di cernita, pressatura e preparazione di appositi "stock", suddivisi per tipologia, dei rifiuti di imballaggio. Conferimento degli stessi ad aziende che effettuano il recupero.

Vantaggi ambientali – Recupero, quindi riduzione delle quantità di rifiuti smaltiti in discarica, che oscilla tra il 25 ed il 40% della quantità totale dei rifiuti prodotti (fanghi non inclusi). Uno studio effettuato nel settore lattiero caseario mostra come il rapporto tra kg di rifiuti per t di latte in entrata oscilla tra i 6 ed i 12 kg/t, quindi questa tecnica, se ben condotta, consente di smaltire in discarica 3,5-7 kg/t, ciò comporta un recupero variabile da 2,5 a 5 kg/t

Effetti incrociati – Se i rifiuti raccolti in modo differenziato vengono riciclati, non vi saranno impatti sul suolo o in atmosfera derivanti dallo smaltimento o incenerimento

Dati operativi – Attuazione della procedura.

Applicabilità - Nella maggior parte delle installazioni.

Aspetti economici – L'applicazione degli interventi descritti consentirebbe una riduzione dei costi sostenuti per le operazioni di smaltimento e trasporto superiore al 30% .

Riduzione dei rifiuti da imballaggio anche per mezzo del loro riutilizzo o del loro riciclo
L'industria alimentare è il settore che in assoluto impiega notevoli quantità di materiale da imballaggio. L'uso ha in molti casi motivazioni di assoluta necessità e in altri ha soprattutto motivazioni logistico-commerciali. L'obiettivo della riduzione dei rifiuti da imballaggio può essere raggiunto innanzitutto con una corretta progettazione dell'imballaggio stesso, con una opportuna selezione dei flussi in uscita, e con il loro eventuale riutilizzo o riciclo. Esistono peraltro specifiche regolamentazioni all'uso di materiali destinati a venire a contatto con l'alimento (cessione globale e specifica) che in molti casi vietano il possibile ricorso al riutilizzo o anche al riciclo di materiale da imballaggio. mentre l'uso di questi materiali è sempre possibile per gli imballaggi secondari e terziari.

Vantaggi ambientali – Minor impatto sulla produzione: sull'intera filiera di produzione, distribuzione e consumo di scarti solidi, sia dal punto di vista quantitativo sia qualitativo (uso di materiale biodegradabile)

Effetti incrociati – Il riutilizzo può comportare vantaggi dal punto di vista collettivo, ma potrebbe introdurre maggiori impatti ambientali locali. Ad esempio, il riutilizzo di materiale vetroso (bottiglie), che è certamente il più efficace per l'imballaggio primario, può anche presentare cross effects ambientali non trascurabili (maggior incidenza dei trasporti e maggior impiego di acqua e detergenti per il lavaggio e la pulizia).

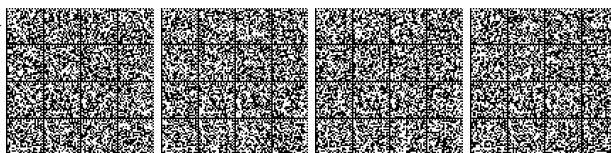
Dati operativi - Debbono essere garantiti i livelli di salubrità dell'alimento.

Applicabilità - Nella maggior parte delle installazioni.

Aspetti economici – da valutare caso per caso, l'utilizzo di materiali biodegradabili per gli imballaggi primari appare oggi difficilmente sostenibile economicamente.

Accordi con i fornitori
Fatto salvo il rispetto della normativa vigente, stipula di accordi con i fornitori per l'inoltro agli stessi, dopo l'utilizzo, dei contenitori, solitamente in materiale plastico, di materie prime o prodotti ausiliari, in special modo detersivi e prodotti sanificanti.

Vantaggi ambientali – Eliminazione dalla filiera dei rifiuti di una buona quantità di contenitori riutilizzabili tal quali

Effetti incrociati – nessuno

Dati operativi – Si tratta di un accordo commerciale. I fornitori potrebbero non essere ben disposti verso l'operazione.

Aspetti economici – In riduzione i costi di smaltimento o riciclaggio e di trasporto.

Riduzione volumetrica dei rifiuti assimilabili agli urbani (RSAU) destinati allo smaltimento, e degli imballaggi avviati a riciclaggio

Lo scopo della tecnica descritta è la riduzione delle operazioni di trasporto dei rifiuti sia per quelli smaltiti in discarica, quali i rifiuti assimilabili agli urbani, (RSAU) ed i materiali di imballaggio ceduti ad apposite società per le attività di riciclo/recupero. L'operazione consiste nella pressatura dei materiali per mezzo di appositi dispositivi idraulici o ad aria compressa quali press-container ecc.

Nel caso specifico, dopo il riempimento del container, è possibile effettuare la pressatura dei rifiuti mediante un pistone con conseguente riduzione del volume. Invece, per quanto riguarda i rifiuti recuperabili/riciclabili quali: carta e cartone, plastica ecc. a valle del processo di raccolta differenziata vengono costituiti dei pacchi per ciascuna tipologia di materiale suddiviso.

Vantaggi ambientali – riduzione oscillante dal 30% al 50% dei trasporti.

Effetti incrociati – La riduzione dei trasporti implica un'analoga riduzione dei consumi energetici, non compensati dai consumi della compattazione, e delle emissioni in atmosfera.

Aspetti economici – Riduzioni dal 30% al 50% dei costi dei trasporti

Compattazione dei fanghi

La compattazione dei fanghi viene effettuata mediante l'uso di ispessitori ad azione meccanica, che separano ed eliminano una parte dell'acqua dai fanghi degli impianti di depurazione.

Il fango prodotto da un impianto di depurazione si trova a circa il 2 - 3 % di sostanza secca.

I metodi utilizzabili possono essere:

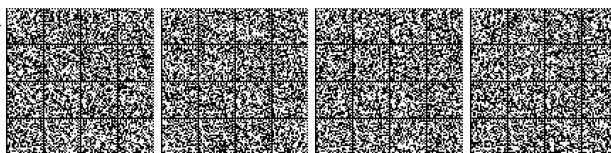
- centrifughe: si ottiene un fango a circa il 12% di sostanza secca
- nastro pressa: si ottiene un fango a circa il 15% di sostanza secca
- presse a piastre: si arriva fino al 30% di sostanza secca.

La scelta del metodo da utilizzare dipende essenzialmente dagli utilizzi successivi del fango e dagli impianti di movimentazione esistenti.

Vantaggi ambientali – La compattazione del fango determina un minor utilizzo di energia per la movimentazione, sia che esso venga sparso in agricoltura, sia che venga avviato allo smaltimento.

.***Effetti incrociati*** – L'impianto di compattazione (centrifughe, filtropresse, nastropresse ecc..) determina un aumento del consumo di energia elettrica. L'impiego di coadiuvanti chimici può rendere non praticabile la successiva destinazione agricola. L'utilizzo dei fanghi in agricoltura è consentito quando caratteristiche e modalità di impiego sono conformi con quanto previsto dal D.Lgs. n.99 del 27 gennaio 1992.

Aspetti economici – Trasporto e smaltimento dei fanghi hanno un costo relativo al peso del prodotto trattato. E' evidente il vantaggio economico della compattazione.

Il costo dell'impianto di ispessimento è inoltre ammortizzato dalla riduzione di volume della vasca di stoccaggio dei fanghi.

Suolo e acque sotterranee

Gestione dei serbatoi fuori terra
Adozione di sistemi di contenimento, platee impermeabili, dispositivi di allarme per “troppo pieno”.
Applicazione di una procedura di prevenzione delle fuoriuscite e di un piano di controllo (*Spill prevention, Control & Countermeasure Plan*) che preveda l’esatta ubicazione di tutti i serbatoi, l’elencazione dei sistemi di sicurezza adottati, l’ispezione periodica degli stessi e delle tubazioni di trasporto dei fluidi ed una squadra di emergenza che intervenga in caso di eventuali fuoriuscite.
Identificazione di tutte le aree con rischio potenziale di inquinamento per il suolo/sottosuolo, acque sotterranee ed acque di scarico.

Vantaggi ambientali – Eliminazione o riduzione al minimo del rischio di inquinamento del suolo/sottosuolo, delle acque sotterranee e di quelle di scarico.

Effetti incrociati – nessuno.

Dati operativi – mantenimento delle procedure di controllo

Aspetti economici – Riduzione degli sprechi di sostanze causate da sversamenti.

Gestione dei serbatoi interrati
Verifica dello stato dei serbatoi interrati mediante apposite prove di tenuta. Se necessario eventuali interventi di risanamento ed installazione di dispositivi per il rilevamento delle perdite.
Piano di rimozione e bonifica dei serbatoi, sostituendoli, se il caso, con altri fuori terra.

Vantaggi ambientali – Le operazioni di verifica, risanamento ed installazione di dispositivi per il rilevamento delle perdite garantiscono una riduzione del rischio di inquinamento del suolo, sottosuolo ed acque sotterranee.
Il piano di rimozione dei serbatoi interrati e la loro sostituzione con altri fuori terra, dotati dei previsti sistemi di contenimento, riduce a “zero” la possibilità di inquinamento del suolo, sottosuolo ed acque sotterranee, con conseguente annullamento anche di eventuali oneri economici di bonifica e ripristino ambientale.

Effetti incrociati – nessuno.

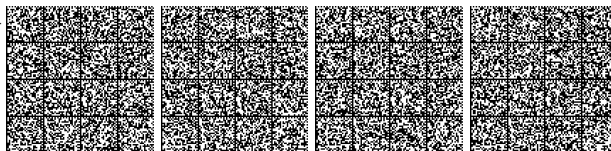
Dati operativi – mantenimento delle procedure di controllo

Aspetti economici – Annullamento degli sprechi di sostanze causate da fuoriuscite altrimenti non facilmente rilevabili in serbatoi interrati.
Riduzione/azzeramento, in caso di rimozione, del rischio connesso a spese di bonifica e ripristino ambientale provocate dalla presenza di serbatoi interrati danneggiati
Riduzione del rischio di “passività ambientali” in caso di cessione degli immobili con conseguente diminuzione del valore degli stessi.

Gestione delle tubazioni
Utilizzo, quando possibile, di tubazioni fuori terra opportunamente contrassegnate e dotate delle colorazioni specifiche per il trasporto di fluidi pericolosi . In casi critici adozione di doppio tubo per il contenimento di eventuali perdite e/o ripari contro gli urti

Vantaggi ambientali – Possibilità di monitoraggio costante delle tubazioni evitando così l’esecuzione di prove di tenuta.
Protezione da urti causa di possibili rotture delle reti di trasporto, con conseguente fuoriuscita di sostanze pericolose per l’ambiente.

Effetti incrociati – nessuno.

Dati operativi – mantenimento delle procedure di controllo

Adozione di solai impermeabili
Realizzare, dove le condizioni operative e l'analisi dei rischi evidenzino la possibilità dis versamenti di sostanze pericolose (es. zone di carico e scarico), solai in calcestruzzo armato resi impermeabili con l'aggiunta di additivi idrofughi, o per interposizione, tra la pavimentazione e il sottofondo di apposite membrane bituminose e tappeti di usura calpestabili o carrabili a celle chiuse.

Vantaggi ambientali – L'impermeabilizzazione tramite i metodi sopra esposti evita che fuoriuscite di sostanze potenzialmente pericolose per l'ambiente non inquinino il suolo, il sottosuolo e la falda acquifera.

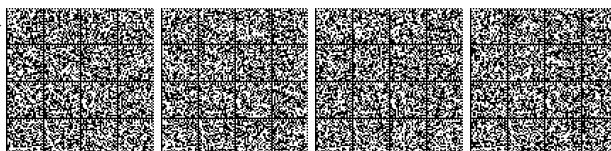
Effetti incrociati – nessuno.

Gestione delle sostanze pericolose

Gestione delle sostanze pericolose – buone pratiche di gestione
Regole interne di GEP (*Good Environmental Practices*) che comprendano anche il corretto stoccaggio e movimentazione delle sostanze pericolose.
Applicazione di una specifica procedura per la manipolazione delle sostanze pericolose, appositamente studiata per il personale addetto alle operazioni di pulizia e sanificazione.

Vantaggi ambientali – Riduzione del rischio di incidenti ambientali causati da sostanze pericolose. Intervento rapido ed efficiente in caso di pronto intervento grazie alla precisa conoscenza delle caratteristiche della sostanza (o sostanze) coinvolta nell'emergenza

Effetti incrociati – svariati effetti incrociati sui comparti acqua, suolo e acque sotterranee.

Aspetti economici – Evitare sprechi di sostanze, provocati da incidenti in fase di movimentazione interna allo stabilimento. Ridurre il consumo di prodotti ausiliari causato da un errato utilizzo degli stessi.

MTD valide per settori specifici

Sulla base delle specifiche operazioni individuate per ogni settore produttivo al capitolo D di cercherà di descrivere le Tecniche atte a essere considerate come MTD.

Derivati delle carne

Controllo degli odori- Adozione di buone pratiche per lo stoccaggio.

I punti critici per quanto riguarda l'emissione in atmosfera di odori molesti sono il ricevimento di alcune materie prime e tutto quanto riguarda la raccolta, lo stoccaggio e l'allontanamento dei sottoprodotti e scarti. L'adozione di buone pratiche, consistenti nella riduzione dei tempi di stoccaggio e nella pulizia frequente delle aree di stoccaggio stesse con una corretta gestione degli scarti rimossi, riduce significativamente il rischio della generazione di odori.

Vantaggi ambientali - Prevenzione e controllo degli effetti negativi sull'ambiente circostante (abitazione e trasporti) dovuto ai cattivi odori

Dati operativi - Un controllo delle emissioni gassose maleodoranti implica l'identificazione delle fonti di generazione dei cattivi odori la valutazione della loro riduzione, l'attivazione delle migliori modalità di abbattimento e il mantenimento a livelli di efficienza degli impianti di abbattimento installati.

Applicabilità - Nella maggior parte delle installazioni che presentano il rischio.

Aspetti economici - onerosi.

Prima pulizia a secco degli impianti e applicazione alle caditoie sui pavimenti di trappole amovibili per la separazione dei solidi nei locali adibiti a sezionamento, disossatura, pulitura, toelettatura.

Per la produzione di carne in scatola, si parte da carne precotta congelata (importata da Paesi extraeuropei) e premondata; si effettuano solo sezionamento e rifinitura.

La carne suina destinata alla produzione di salumi arriva già sezionata nei macelli e si effettua solo un'operazione di toelettatura (rifilatura del grasso, asportazione dell'anchetta, ecc.).

Il materiale derivante da queste operazioni nella maggior parte è raccolto per essere inviato alle industrie di lavorazione dei sottoprodotti della macellazione (*rendering*) e in parte rischia di arrivare alla fognatura.

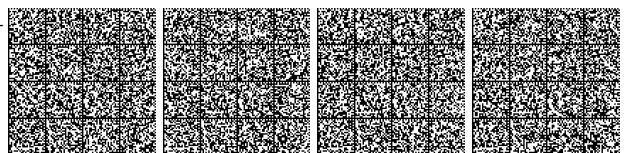
La pulizia dei tavoli di lavoro e dei locali deve essere fatta sempre con una preliminare pulizia a secco e asportazione del materiale solido raccolto. Consente di effettuare una prima separazione dei solidi appena questi diventano materiale di scarto senza che vengano a contatto con le acque. Si effettua applicando grate con luci di passaggio idonee alle caditoie sui pavimenti. E' importante che tali griglie siano amovibili.

Vantaggi ambientali - Si riducono i carichi organici (BOD, COD, SS) nei liquami da trattare. In base anche ai regolamenti vigenti il materiale solido può essere destinato al ricupero o al rendering.

Effetti incrociati - possibili inconvenienti a livello di contaminazione microbica e di incidenti agli addetti se non accompagnata da idonee e precise indicazioni di frequenti allontanamenti degli scarti

Dati operativi - si combatte la credenza che portare tutti gli scarti ad una filtrazione finale sia più comodo che raccoglierli prima. Tutte le sostanze solubili passano alla fase liquida e non sono più separabili meccanicamente.

Applicabilità - Nella maggior parte delle installazioni

Aspetti economici: costo molto limitato per gli impianti esistenti, nullo per i nuovi.

Scongelamento ad aria o con docce ad intermittenza.

La carne che arriva congelata e che non può essere utilizzata allo stato congelato (caso di mortadelle e prodotti simili, per i quali si effettua la triturazione e macinazione di alcuni ingredienti allo stato congelato) viene fatta scongelare per essere lavorata (prosciutti cotti, carne in scatola). Lo scongelamento con aria a temperatura controllata o ad acqua a doccia intermittente consentono di ridurre il consumo di acqua.

Vantaggi ambientali - Si riducono i consumi di acqua e i volumi di liquami da trattare.

Effetti incrociati - nessuno

Applicabilità - Nella maggior parte delle installazioni

Aspetti economici: tempo di ritorno dell'investimento economico sicuramente favorevole.

Lavaggio immediato delle superfici che sono venute a contatto con la carne

Se i recipienti che sono serviti per il trasporto delle carni tritate, i tavoli di lavoro e gli impianti che sono venuti a contatto con la carne non sono immediatamente lavati, la sporcizia residua tende ad essiccare e la successiva pulizia richiederà più acqua e l'impiego di detergenti, per cui è preferibile il lavaggio immediatamente dopo l'uso.

Vantaggi ambientali - Si riducono i consumi di acqua e di detergenti.

Effetti incrociati – nessuno negativo

Dati operativi – organizzazione gestionale adeguata

Applicabilità - Nella maggior parte delle installazioni

Lavaggio frequente delle aree di stoccaggio dei materiali di scarto.

Le aree di stoccaggio temporaneo degli scarti debbono essere lavate frequentemente per evitare lo sviluppo di alterazioni microbiche con conseguente maggior produzione di odori.

Vantaggi ambientali - Prevenzione e controllo degli effetti negativi sull'ambiente circostante dovuto ai cattivi odori.

Effetti incrociati - Consumo di acqua e di detergenti. Si può pensare all'eventuale impiego di acqua proveniente da altri settori o di acqua proveniente dal trattamento di depurazione

Dati operativi - Il piano di pulizia deve interessare tutte le superfici di strutture e di impianti, pavimenti, corsie di passaggio mezzi di trasporto, fognature. Se il lavaggio è frequente si riduce anche il consumo di detergenti.

Applicabilità – In tutti gli insediamenti che producono scarti.

Aspetti economici – Parzialmente non onerosi.

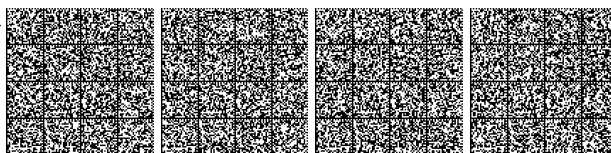
Dosaggio corretto della quantità di salamoie di siringatura.

Le salamoie di additivi vengono preparate prima della lavorazione. La quantità di salamoia preparata deve essere il più vicina possibile a quella che verrà poi utilizzata. Infatti, la salamoia residua viene poi scartata e determina un carico di sostanze organiche e di sali minerali negli effluenti idrici maggiore e in alcuni casi (cloruro di sodio, polifosfati) difficilmente trattabile, oltre che un inutile consumo di prodotti di pregio.

Vantaggi ambientali **-** Si riducono i consumi di prodotti chimici e il carico all'impianto di depurazione.

Effetti incrociati – nessuno

Dati operativi – organizzazione gestionale adeguata

Applicabilità - Nella maggior parte delle installazioni

Conserve vegetali

Minimizzare le perdite di materia grezza vegetale nelle fasi di conferimento, scarico, stoccaggio e valutazione dell'idoneità.

Minimizzare la quota parte del materiale vegetale che entra in fabbrica e che risulta danneggiato meccanicamente o che sia interessato da marciumi o difetti gravi, immaturo e comunque non idoneo alla trasformazione. Ciò in quanto tale materiale inidoneo deve essere separato e costituisce la fonte più importante di inquinamento organico prodotto dallo stabilimento. L'inquinamento organico, infatti, è causato da questa quota di prodotto vegetale, che trova poi recapito in fognatura o che viene eliminato come rifiuto solido (generalmente ad un elevato grado di umidità), e da una quota che deriva dalle fasi successive di trasformazione (scarti di produzione, pulizia di impianti e locali). Anche le stazioni di campionamento e valutazione debbono essere concepite in modo da ridurre al minimo la quantità di prodotto vegetale da scartare.

Vantaggi ambientali – L'impiego di materiale a elevata percentuale di idoneità alla trasformazione riduce lo scarto prodotto e di conseguenza l'inquinamento organico prodotto, oltre che aumentare la resa di produzione..

Dati operativi – Stabilire preventivamente accordi con i produttori agricoli per la fissazione e il rispetto di rigidi parametri di qualità; privilegiare i conferenti di prodotto con bassa percentuale di materiale minerale (terra, sabbia, sassi); privilegiare sistemi di trasporto, conferimento e scarico che riducano i danneggiamenti di materia prima; ridurre al minimo le soste di materia prima fra ingresso in fabbrica dei carri e invio in linea; evitare lunghe permanenze del materiale di scarto estratto dai filtri a supporto dello scarico idraulico prima dell'allontanamento

Applicabilità - Nella maggior parte delle installazioni

Aspetti economici: Sicuramente positivi.

Privilegiare i sistemi di pelatura a minor impatto ambientale (ad es. meccanica, a vapore).

La pelatura chimica, effettuata in soluzioni di soda caustica mantenute ad alta temperatura e utilizzata per alcuni tipi di frutta e ortaggi, causa la solubilizzazione del materiale asportato e provoca di conseguenza un elevato carico organico disciolto (maggior carico organico in arrivo al trattamento di depurazione). Andrebbe privilegiata, ove possibile, la pelatura meccanica od a vapore.

Vantaggi ambientali – La pelatura meccanica o a vapore consente di evitare l'immissione di inquinanti inorganici e le variazioni di pH conseguenti all'impiego di un pelatura a soda.

Effetti incrociati – Nessuno

Dati operativi – Nel caso ad esempio di pelatura di pere per la produzione di pere allo sciroppo, il carico inquinante specifico provocato da una pelatrice a soda è valutabile in 40 kg/t di BOD, 66 kg/t di COD e 11,4 kg/t di solidi sospesi contro i 21,6, 36,5 e 21,5 di una pelatura meccanica.

Applicabilità - Nella maggior parte delle installazioni. Non applicabile a tutte le produzioni (ad es. pesche).

Aspetti economici: Sicuramente positivi.

Controllare l'efficacia dei sistemi di stoccaggio temporaneo e di confezionamento per evitare inutili perdite di prodotto.

Il prodotto e i liquidi di riempimento debbono essere preparati e gestiti in modo da minimizzare tracimazioni, rimanenze inutilizzabili e sgocciolamenti non necessari. Anche in questo caso oltre a ridurre l'inquinamento prodotto con i conseguenti maggiori oneri di depurazione, si hanno anche migliori rese di produzione.

Vantaggi ambientali Si riduce lo scarto prodotto e di conseguenza l'inquinamento organico prodotto, oltre che aumentare la resa di produzione.

Effetti incrociati – nessuno

Dati operativi – predisporre di sensori di livello tutti i serbatoi, al fine di evitare tracimazioni; cercare di avere la maggior continuità e regolarità di linea, per evitare di dovere scartare parte di prodotto o di liquido di riempimento; utilizzare sistemi di dosaggio e riempimento di elevato grado di precisione e efficienza; eliminare quanto più possibile gli urti fra le confezioni e ridurre al minimo i tragitti delle stesse non ancora chiuse, per evitare debordamenti e tracimazioni; ottimizzare la velocità di avanzamento delle varie macchine coinvolte nelle fasi di confezionamento.

Applicabilità - Nella maggior parte delle installazioni

Aspetti economici: sicuramente positivi.

Utilizzo di sistemi di raccolta meccanica al termine della lavorazione per evitare inutili perdite di prodotto.

Nel caso di prodotti ad elevata concentrazione (marmellate, confetture, sciroppi, concentrati di frutta e pomodoro, salse, maionesi, ecc. l'asportazione meccanica del prodotto che resta nelle vasche, bacinelle, serbatoi, ecc. prima del lavaggio degli impianti realizzabile mediante l'installazione di apposite apparecchiature ad azione raschiante (tipo tergicristallo) consente di ricuperare una parte di prodotto vendibile e ridurre l'immissione in fognatura di materiale organico fortemente concentrato (un kg di confettura corrisponde, come carico organico, a 5-8 kg di polpa fresca).

Vantaggi ambientali Si riduce lo scarto prodotto e di conseguenza l'inquinamento organico prodotto, oltre che aumentare la resa di produzione.

Effetti incrociati – da verificare caso per caso

Dati operativi – dotare i serbatoi e le bacinelle di raschiatori di fondo da attivare allo svuotamento della linea.

Applicabilità – In alcune installazioni

Aspetti economici: I costi di installazione sono facilmente recuperabili con una maggior quantità di prodotto venduto e con il minor carico organico inviato all'impianto di depurazione.

Installare autoclavi di sterilizzazione con recupero di acqua calda e/o funzionanti a cesto rotante per ridurre i tempi di sterilizzazione e i consumi energetici.

Il recupero di acqua calda consente di ridurre i tempi di trattamento termico non utili all'effetto di stabilizzazione, mentre l'adozione di impianti a cesto rotante, consente di ridurre i tempi di sterilizzazione (con prodotti bifasici o monofasici a ridotta consistenza) con conseguente risparmio energetico

Vantaggi ambientali Si riduce la richiesta di energia termica.

Applicabilità - In tutte le nuove installazioni od in caso di sostituzione dell'autoclave.

Aspetti economici: da verificare per gli impianti esistenti; interessante per le nuove installazioni.

Installare di torri evaporative per l'acqua di raffreddamento degli impianti di trattamento termico di stabilizzazione.

L'installazione di torri evaporative per il raffreddamento dell'acqua calda che non contiene sostanze inquinanti, permette di ridurre sensibilmente la quantità di acqua di pregio prelevata e utilizzata non a contatto diretto del prodotto alimentare.

Vantaggi ambientali Si riduce la quantità di acqua prelevata.

Effetti incrociati – Maggior consumo di energia elettrica per la ricircolazione dell'acqua sulle torri; necessità di impiegare sostanze antimicrobiche per evitare la proliferazione batterica sulle superfici evaporative; rumorosità maggiore.

Dati operativi – Generalmente l'acqua è raffreddata in torri evaporative a temperature sensibilmente superiori dell'acqua prelevata da falda sotterranea, per cui l'acqua necessaria per ottenere lo stesso effetto di raffreddamento è maggiore; questo si ripercuote su una necessità di modificare le dimensioni del circuito del fluido di raffreddamento e di installare pompe di circolazione a più elevata prevalenza.

Applicabilità - Nella maggior parte delle installazioni dove si usa acqua di raffreddamento.

Aspetti economici: sicuramente positivi.

Installare torri evaporative per l'acqua di raffreddamento degli impianti di abbattimento dei vapori di concentrazione.

L'installazione di torri evaporative per il raffreddamento dell'acqua calda di abbattimento dei vapori provenienti dagli impianti di evaporazione di succhi vegetali (pomodoro in particolare), permette di ridurre sensibilmente la quantità di acqua di pregio prelevata. Tali acque si differenziano da quelle provenienti dagli impianti di stabilizzazione per la possibile presenza di sostanze volatili derivanti dalla condensazione dei vapori di processo.

Vantaggi ambientali Si riduce la quantità di acqua prelevata.

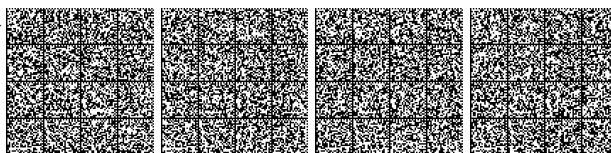
Effetti incrociati – Maggior consumo di energia elettrica per la ricircolazione dell'acqua sulle torri; necessità di impiegare sostanze antimicrobiche per evitare la proliferazione batterica sulle superfici evaporative; rumorosità maggiore.

Dati operativi – Generalmente l'acqua è raffreddata in torri evaporative a temperature sensibilmente superiori dell'acqua prelevata da falda sotterranea, per cui l'acqua necessaria per ottenere lo stesso effetto di raffreddamento è maggiore; questo si ripercuote su una necessità di modificare le dimensioni del circuito del fluido di raffreddamento e di installare pompe di circolazione a più elevata prevalenza.

Applicabilità - Nella maggior parte delle installazioni dove si usa acqua di raffreddamento.

Aspetti economici: sicuramente positivi.

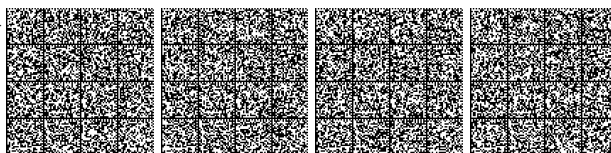
Installare condensatori a superficie negli evaporatori.

L'installazione di condensatori a superficie al posto dei condensatori a miscela per l'abbattimento dei vapori provenienti dagli impianti di evaporazione di succhi vegetali (pomodoro in particolare), permette di ridurre sensibilmente la quantità di acqua di pregio prelevata.

Vantaggi ambientali Si riduce la quantità di acqua prelevata.

Effetti incrociati – nessuno.

Dati operativi – L'impianto di condensazione può essere a circuito chiuso e quindi il consumo di acqua per questi impianti si riduce a zero; naturalmente è necessario provvedere al raffreddamento del fluido raffreddante con un consumo conseguente di energia elettrica. Non si può esclude che in condizioni particolarmente favorevoli si possa raffreddare il fluido rafreddante inserendolo in un più complesso sistema di scambio termico (preriscaldamento

Applicabilità – Solo in impianti nuovi, progettati allo scopo.

Aspetti economici: probabilmente positivi, ma da valutarsi in funzione della disponibilità di acqua e delle situazioni specifiche.

Industria delle materie grasse vegetali

Sistema di olio minerale per ridurre le emissioni di VOC dai processi di estrazione dell'olio vegetale

L'esano e i vapori di acqua che provengono dalla desolventizzazione e dall'arrostimento della farina, dalla distillazione della miscela (miscela di olio grezzo vegetale ed esano), dal ribollitore e dalla colonna di strippaggio del sistema ad olio minerale passano attraverso un sistema di condensazione. I componenti che non possono essere condensati dal condensatore sono assorbiti da un sistema di lavaggio ad olio minerale. Le emissioni consistono nei non-condensabili con tracce di esano.
Il sistema ad olio minerale consiste in una colonna di assorbimento, dove l'esano è assorbito dall'olio minerale, di grado alimentare, freddo. L'esano viene poi recuperato dalla miscela ricca di esano strippando con vapore. L'olio minerale strippato viene quindi raffreddato e riutilizzato nella colonna di assorbimento.
L'esano e i vapori che derivano dalla colonna di strippaggio sono condensati nel sistema di condensazione. La miscela acqua- esano condensati passano nel separatore. l'acqua di scarico è decantata e l'esano è ricircolato nel processo di estrazione.

Vantaggi ambientali - Riduzione delle emissioni di esano. Riduzione dei consumi di esano.

Effetti incrociati – Maggior consumo di energia, principalmente dovuto al riscaldamento dell'olio minerale, usando vapore di strippaggio e potenza elettrica per pompare l'olio. Il consumo di energia è di circa 25 Kg circa di vapore per tonnellata di semi e 0,5 kWh per tonnellata di semi.

Applicabilità – Adatto ad impianti nuovi e già esistenti.

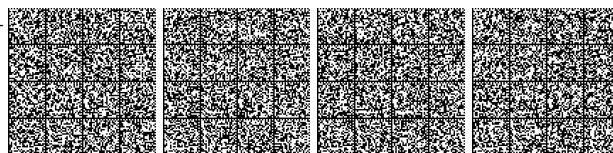
Aspetti economici - costi d'investimento alti; costi operativi maggiori dovuti al maggiore consumo di energia; risparmio dei costi dovuti al recupero dell'esano.

Recupero dell'esano dall'acqua di processo nell'estrazione di olio vegetale

Il processo di estrazione dell'olio usa l'esano come solvente. Il vapore ricco di esano viene quindi condensato formando una miscela di acqua di processo ed esano a temperatura di circa 50^{0}C. L'esano viene separato in un apposito separatore bifase (esano/acqua).
Il solvente residuo contenuto nella fase acquosa proveniente dal separatore esano/acqua è distillato riscaldando la fase acquosa in un ribollitore a circa 80^{0} - 95^{0}C .Il vapore costituito principalmente da esano ed acqua prodotto dal ribollitore viene condensato unitamente ai vapori derivanti dai processi di miscela e distillazione. La fase gassosa non condensabile del vapore viene trattata nel sistema ad olio minerale, dopo il condensatore , dove l'esano residuo viene assorbito. Tutto l'esano recuperato viene riutilizzato durante il processo di estrazione. Dopo l'ebollizione, l'acqua priva di esano viene inviata al sistema di acqua di scarico. Questa tecnica elimina quindi i possibili rischi di esplosione dagli scarichi ricchi di solvente nel trattamento delle acque reflue.

Vantaggi ambientali - Recupero dell'esano : circa 5Kg/t di semi. Riduzione delle concentrazioni di esano nell' acqua di scarico.

Effetti incrociati – Aumento del consumo di energia termica (il consumo di vapore è 1 Kg/m^3di acqua); aumento della temperatura dell'acqua di scarico;

Dati operativi – consumo di vapore:1 Kg /m^3 di acqua; contenuto esano nell'acqua di scarico: < 3 mg/l.

Applicabilità – Nella maggior parte degli impianti. Affidabilità operativa: molto buona , grazie al disegno multi-stadio e al controllo e monitoraggio della temperatura.

Aspetti economici - Riduzione dei costi dovuta alla minore perdita di esano. Aumento dei costi dovuto all' aumento dell'imput energetico.

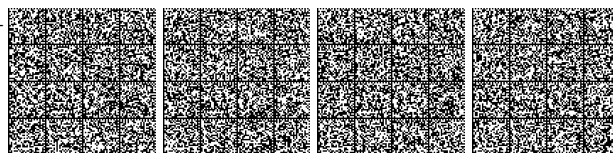
Rimozione e recupero di acidi liberi grassi nella raffinazione di olio vegetale con metodo chimico

Gli oli alimentari grezzi contengono differenti tipi di componenti non desiderati: da 0.5 a 0,7% di acidi grassi liberi (ffa), gomme(dette anche fosfatidi o fosfolipidi o lecitine), tracce di metalli, componenti coloranti e componenti volatili (oli essenziali).La rimozione di ffa (<0,1% ffa in olio raffinato) può essere ottenuto sia per neutralizzazione basica (metodo chimico) o per distillazione (metodo fisico).
La neutralizzazione chimica consiste nell'aggiunta di soda caustica (a 75-110 °C) per saponificare gli ffa e per precipitare saponi nella fase acquosa pesante e per rimuovere la stessa fase , chiamata " soap-stock", utilizzando gravità o centrifugazione. La rimozione di gomme non idratabili e acidi fosfatidici può essere integrata in questo processo usando una precedente fase di acidificazione, adr esempio con acido fosforico e acido citrico.
Il " soap-stoack" può essere quindi trasformato in oli acidi mediante "splitting" o può essere venduto ad una terza parte. Per un impianto integrato è possibile anche il riciclo nel processo.
In un impianto di "splittaggio" di sapone, i saponi degli acidi grassi reagiscono con l'acido solforico per riformare gli acidi grassi. Il processo può essere sia continuo che discontinuo.Il sistema di reazione è riscaldato a 70-100^0 C per incrementare la velocità di reazione e per migliorare la separazione della fase superiore dell'olio dalla fase inferiore acquosa. Tra la fase acquosa e gli acidi grassi può essere formato uno strato intermedio di fosfatidi, che dipende dalla quantità di fosfati presenti nell'olio grezzo.

Vantaggi ambientali - Alto potenziale del recupero dei sotto-prodotti. Ridotto uso di terra decolorante. Recupero e miglioramento dei sotto-prodotti per alimentazione o applicazioni tecniche in altre industrie.

Effetti incrociati – Aumento contenuto di fosforo nelle acque reflue per lo "splitting"del sapone el'utilizzo di acido fosforico per il degommaggio. Maggiore carico di COD-BOD nelle acque di scarico, per la separazione e l'utilizzo di acido citrico per il degommaggio. Incremento del carico di solfati nell'effluente. Per ridurre il solfato nell'effluente, prendendo in considerazione tutte le conseguenze ambietali, bisogna ottimizzare il dosaggio di acido solforico durante il processo di "splitting" del sapone.

Dati operativi – Il consumo delle sostanze chimiche dipende dalla composizione dei materiali grezzi. La maggior parte degli oli grezzi contengono un ffa dal 0.5 al 3.0%.Per pochi tipi di oli(per esempio olio di palma grezzo e olio di palma di Kernel, olio d'oliva e olio di cocco fino al 7%) il consumo base è molto più alto.

- Per degommaggio acido combinato: si utilizza l'acido fosforico (75%) (la concentrazione dipende dal contenuto in fosfatidi):0.8 - 5 Kg. di H_3PO_4 per tonnellata olio. Anzichè l'acido fosforico, può essere utilizzato l'acido citrico, ma col rischio di avvelenamento del catalizzatore di idrogenazione per tracce di acido citrico, con conseguente diminuzione della resa del processo.
- Soda caustica (100%)(la concentrazione dipende dall 'ffa contenuto- max 3%): da 1 a 6 Kg/ tonnelata di olio.
- Le dosi dei reagenti possono essere ridotte da agitazione meccanica dei prodotti chimici e oli/grassi(veg.).
- Elettricità : da 5 a 15 kWh per tonnellata d'olio.

- Vapore:150 Kg per tonnelata di sapone per rimozione dell'ffa(temp.75-110°) e 200-1000 Kg di vapore per tonnellata di sapone per lo "splitting "del sapone (che dipende dal contenuto dei fosfatidi e dell'acqua).
- Acido fosforico (96%) ("splitting" del sapone):100-250 Kg/tonnellate di sapone (che dipende dal dosaggio di soda caustica)-consumo di acqua 50-300 litri per tonnellata di sapone.

Applicabilità – Nella maggior parte degli impianti. Questa tecnica è adatta per oli grezzi contenenti pochi ffa (<3%). Affidabilità operativa: buona. Disponibilità: buona.

Aspetti economici - Alto potenziale del recupero dei sotto-prodotti.

Rimozione e recupero di acidi grassi liberi nella raffinazione di olio vegetale con metodo fisico

E' possibile rimuovere tutti gli acidi grassi liberi (ffa) presenti nell'olio per distillazione. Gli acidi grassi liberi sono strippati con vapore dall'olio pre-trattato fisicamente sotto vuoto a temperature intorno ai 250^0 C. I precedenti processi di neutralizzazione possono essere evitati se la neutralizzazione e la deodorazione sono combinate, in un impianto continuo a singolo o a multi-stadio, con scambiatori di calore integrati ed iniettori di vapore. Nella fase successiva viene condensata la maggior parte dei grassi contenuti nei vapori come prodotto privo d'acqua.
Questo viene generalmente realizzato quando l'olio entrante ha un contenuto di ffa maggiore del 2% e contenente meno di 10 ppm di fosfolipidi. Il basso contenuto di fosfolipidi può essere raggiunto con degommaggio e decolorazione (pre-trattamento fisico).

Vantaggi ambientali - Più dell'85% del recupero del concentrato di acidi grassi. Consumo ridotto di sostanze chimiche dato dall'assenza della fase di neutralizzazione chimica. Ridotta quantità di acqua di scarico, nessun bisogno dell'acqua di lavaggio. Nessun bisogno della separazione del sapone. Minore carico di solfati, fosfati e acidi grassi nell'acqua di scarico.

Effetti incrociati – Il consumo di terra decolorante è 4 volte più alto che nel caso del metodo chimico. Aumento del consumo dello strippaggio del vapore in confronto al metodo chimico.

Dati operativi – Consumo di vapore: 150-400 Kg per tonnellata di olio. Consumo di elettricità: 15-40 KWh per tonnellata di olio.

Applicabilità – Nei nuovi impianti. Affidabilità operativa: buona. Disponibilità: buona.

Aspetti economici - Nessun costo d'investimento per il passaggio della neutralizzazione chimica. Costo ridotto di mano d'opera dovuto alla mancata separazione dei saponi. Costi più bassi per il trattamento delle acque di scarico dovuto al minore inquinamento dell'acqua. Incremento dei costi dovuto all'alto consumo della terra decolorante. Resa maggiore di raffinazione comparata alla raffinazione chimica.

Riduzione della produzione di rifiuti nella fase di degommaggio dell'olio vegetale utilizzando acido citrico invece di acido fosforico per la separazione dei fosfolipidi

Gli oli vegetali grezzi e i grassi contengono sostanze non desiderate come gli acidi grassi liberi (ffa) , tracce di metallo, componenti coloranti volatili e gomme, che sono anche chiamati fosfatidi o fosfolipidi o lecitine. La concentrazione delle lecitine può essere sopra i 300 ppm. Le gomme possono essere rimosse separatamente o in un processo integrato

insieme con la rimozione degli ffa. Un processo integrato che ha il vantaggio di ridurre la produzione dei rifiuti è il degommaggio acido.
Ci sono due tipi di gomme: idratabili e non idratabili. Le gomme idratabili possono essere separate dall'olio miscelandole con acqua. Successivamente la fase acquosa può essere separata dall'olio per mezzo di centrifugazione. Tali gomme idratabili possono essere successivamente utilizzate per la produzione di lecitina alimentare o vendute come materia prima.
Le gomme non idratabili e gli acidi fosfatidi possono essere separati dall'olio grezzo dopo l'acidificazione con acido fosforico. Le specifiche del prodotto richiedono un contenuto di fosforo inferiore a 5 ppm nell'olio raffinato. Il fosforo potrà essere presente nell'acqua di scarico, a causa della presenza di fosforo organico combinato in forma di fosfatidi. Tali composti non sono facilmente rimuovibili nei pre-trattamenti. Nel caso di utilizzo di acido citrico tale problema verrebbe evitato per la riduzione del contenuto di fosforo nelle acque reflue. L'acido citrico comunque aumenterà il contenuto di COD e BOD nell'acqua di scarico.
Il degommaggio può essere condotto separatamente o insieme alla rimozione chimica di ffa (neutralizzazione chimica). L'olio degommato(<30 ppm) può essere così utilizzato per i futuri procedimenti nel processo fisico di raffinazione.

Vantaggi ambientali - I fosfatidi possono essere ulteriormente trattati per dare lecitina alimentare come co-prodotto o aggiunti ad una farina di un impianto integrato; riduzione di circa il 50% di fosforo in acque reflue; modesta riduzione delle quantità di fanghi.

Effetti incrociati – Aumento del carico di COD a causa dell'acido citrico. Usando 1 Kg. di acido citrico ne deriva un'emissione di COD pari a 0.75 kg. nelle acque reflue.Il consumo di acido citrico è significamene più alto rispetto al consumo di acido fosforico.

Dati operativi – La rimozione di fosfolipidi idratabili è eseguita alla temperatura di 60-70^{0}C mentre la rimozione dei fosfolipidi non-idratabili esige alte temperature, esempio 75-110^{0}C.
L'uso dell'acido citrico potrebbe portare problemi nel degommaggio di alcuni tipi di oli grezzi con alti contenuti di fosfatidi.

Applicabilità – L'uso dell' acido citrico al posto dell'acido fosforico potrebbe ridurre la resa dei processi di separazione. L'acido citrico residuo può avvelenare il catalizzatore a base di nichel durante il processo di indurimento. La qualità dell'oli gioca un importante ruolo nel tipo di acido usato per il degommaggio.

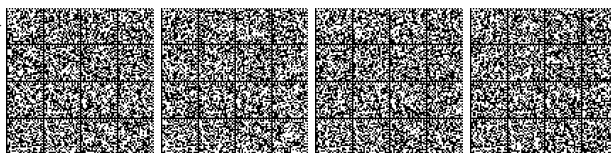
Aspetti economici - Riduzione dei costi legati al trattamento delle acque di scarico; incremento dei costi dei reagenti. Per ottenere un buon degommaggio di olio grezzo la quantità necessaria di acido citrico, che è anche più costoso del fosforico, è superiore di 5 volte all'acido fosforico.

Produzione di vuoto (40<P<120 mbar) per mezzo di pompe ad anello liquido nella raffinazione dell'olio

Il vuoto prodotto per mezzo di questa tecnologia viene utilizzato per il degasaggio e la disidratazione degli oli e dei grassi, e può interessare le seguenti fasi di processo.
Degasaggio dell'olio:

- durante l'idrogenazione;
- dopo la interesterificazione (l'acqua è usata per disattivare il catalizzatore).

Disidratazione dell'olio:

- interesterificazione dopo neutralizzazione;
- prima della interesterificazione;
- dopo la interesterificazione;

- prima dell'idrogenazione.

Mantenimento di un atmosfera libera da ossigeno in reattori sotto-vuoto (per evitare l'ossidazione):

- durante l'idrogenazione;
- durante la interesterificazione.

L'acqua reflua derivata da quella usata nelle pompe ad anello liquido è caratterizzata generalmente da un basso volume specifico per unità. Tale acqua reflua è leggermente inquinata, in particolare dai condensati provenienti dai processi di essiccamento. Il carico può quindi essere caratterizzato in termini di COD, perchè composti di azoto o fosforo non possono essere trasportati in quantità significative a causa delle condizioni di processo prevalenti (temperature $\leq$ 100°C).

Vantaggi ambientali – Riduzione dei consumi energetici. Contaminazione non significativa dell'acqua reflua prodotta. Si riducono le emissioni dalla generazione di energia.

Effetti incrociati – Produzione di acque reflue provenienti dall'anello liquido delle pompe.

Dati operativi –Volume dell'acqua reflua prodotta: fino a 1700 m^3/t di olio non raffinato. COD:fino a 75 mg/l. L'affidabilità operativa è molto buona.

Applicabilità – Negli impianti compatibili con il grado di vuoto producibile (40-120 mbar). Difficilmente applicabile per elevati volumi di produzione.

Aspetti economici – Riduzione dei costi grazie all'utilizzo di condizioni di vuoto appropriate. Non è necessario un pre-trattamento specifico dell'acqua reflua prodotta.

Utilizzo di un doppio stadio di lavaggio in combinazione con un condensatore a singolo passaggio.

I vapori di degasaggio vengono inviati ad uno scrubber. La corrente di vapore viene mescolata con il vapore nell'eiettore booster. L'installazione di un secondo scrubber tra l'eiettore e il condensatore principale permette un'ulteriore condensazione delle componenti volatili, rimuovendo parte del vapore d'acqua prima del miscelamento con l'acqua di raffreddamento nel condensatore stesso. La condensazione addizionale delle componenti volatili nel secondo scrubber riduce la portata in ingresso al condensatore. Questo riduce il carico inquinante dell'acqua di raffreddamento e migliora l'efficienza ambientale del sistema. Allo stesso tempo il secondo stadio di lavaggio rappresenta una perdita, sia pur limitata, addizionale di calore

Vantaggi ambientali – Ridotti consumi di energia per il sistema di vuoto. Riduzione del carico di COD nell'acqua reflue proveniente dal condensatore a miscela. Recupero più elevato di sottoprodotto rispetto al sistema a stadio di lavaggio singolo.

Effetti incrociati – Consumi energetici per il secondo stadio di lavaggio.

Dati operativi – Il dispositivo a doppio scrubber porta come risultato un incremento dell'efficienza di rimozione degli acidi grassi. L'efficienza del primo stadio è generalmente superiore al 90 %. Il secondo stadio di lavaggio incrementa l'efficienza totale di un 2-5 %. L'efficienza effettiva del sistema è legata al contenuto di acidi grassi dell'alimentazione.

Il sistema proposto è basato su estrattori di vapore e condensatori a miscela ha la richiesta di energia più bassa, per la generazione di vuoto desiderato, in funzione del consumo di elettricità e vapore. Le acque reflue prodotte sono caratterizzate da livelli di COD più elevati. L'aumento nel livello di COD si può stimare in 50 - 150 mg/l dipendentemente dalla portata di acqua di raffreddamento utilizzata e dalle caratteristiche dell'alimentazione. La presenza del secondo stadio di lavaggio comporta un aumento minore dei livelli di COD, generalmente da 40 a 100 mg/l.

Un altro aspetto di tipo operativo è legato all'assenza di scambiatori di calore a fascio tubero con le relative problematiche di sporcamento e conseguente riduzione dell'efficienza di scambio termico.
Il processo è ad elevata affidabilità proprio in considerazione della semplicità del sistema.

Consumo di energia elettrica	Da 2 a 5 kWh/t olio non raffinato(dipende dal contenuto degli acidi grassi liberi nell'olio non raffinato)
Consumo di vapore	Da 50 a 100 kg./t olio non raffinato
Acque di scarico (condensa non trattata)	Da 1 a 10 m^3 /t olio non raffinato
Incremento di COD nelle acque reflue	da 50 a 150 mg/l (scrubber singolo) da 40 a 100 mg/l (scrubber doppio)

Applicabilità – Adatto per impianti nuovi ed esistenti. L'alimentazione non dovrebbe contenenere alte concentrazioni di acidi grassi a catena corta (es. olio di cocco). Necessità di spazio per l'installazione della seconda torre di lavaggio. Buona affidabilità operativa.

Aspetti economici – Costi di investimento per la realizzazione del secondo stadio di lavaggio. Riduzione dei costi operativi.

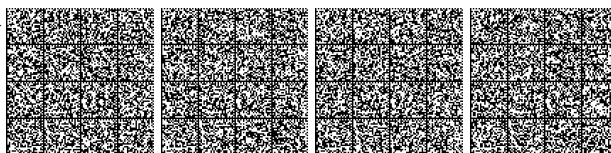
Singolo scrubber con condensatore raffreddato da un ciclo frigo (condensazione a secco).

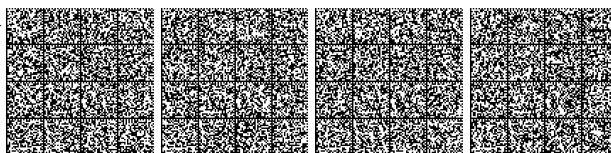
I sistemi condensanti a secco (DC) sono posti tra lo scrubber e il sistema di de-areazione. Lo scrubber rimuove la maggior parte degli acidi grassi liberi (ffa). Il sistema DC eliminerà la parte rimanente degli ffa e il vapore acqueo proveniente dall'eiettore. Il vapore e gli ffa vengono condensati nel sistema DC a temperature di circa -30°C. La bassa temperatura vine assicurata dalla circolazione di un fluido frigorifero (ad es. ammoniaca) che viene a sua volta refrigerato in un impianto esterno. Il sistema di vuoto a valle del condensatore dovrà quindi aspirare prevalentemente gli incondensabili consentendone un ridotto dimensionamento.

Vantaggi ambientali – Recupero di acidi grassi a concentrazione più elevata. Ridotto consumo di acqua. Si riducono portata e carico inquinante dell'acqua reflua prodotta. Ridotto consumo di vapore.

Effetti incrociati – Maggiori consumi di energia legati al sistema di refrigerazione. L'uso di ammoniaca per l'unità di refrigerazione comporta rischi per la salute degli operatori e problemi di sicurezza a causa dei potenziali rilasci nell'ambiente.

Dati operativi – Il 95 % di tutti i vapori condensabili sono rimossi dal sistema DC per cui il sistema di vuoto si riduce nelle dimensioni con ridotti costi di investimento ed operativi. Con questa tecnologia è possibile ottenere un grado di vuoto più spinto e quindi un prodotto finale di caratteristiche migliori.
Nella tabella sono riportati i dati di un impianto di questo genere.

Acqua per pompe e per impianto di refrigerazione per condensazione del ghiaccio	Circa 300 Kg./t olio non raffinato
Consumi di energia elettrica	Da 10.5 a 21.5 kWh/t olio non raffinato (dipende dal contenuto degli acidi grassi liberi nell'olio non raffinato)
Consumo di vapore	Da 20 a 150 Kg./t olio non raffinato
Acqua di scarico(condensa non trattata)	Sopra i 0.350 m^3 /t olio non raffinato No fosfati o solfati

Applicabilità – Applicabile in impianti nuovi ed esistenti in abbinamento con la raffinazione per distillazione (raffinazione fisica). L'affidabilità operativa è buona. Minori fluttuazioni nel sistema di produzione del vuoto. Necessità di spazi per le apparecchiature. Problematiche di sicurezza connesse all'utilizzo di fluidi refrigeranti ed alle possibili perdite. La pratica applicabilità deve essere valutata nel singolo impianto tenendo conto delle caratteristiche dell'alimentazione, dell'efficienza dei trattamenti precedenti e della capacità produttiva.

Aspetti economici – Elevati costi di investimento. Aumento dei consumi energetici. Ridotti consumi di vapore e di acqua di raffreddamento e conseguente riduzione dei costi ad essi correlati.

Industria lattiero casearia

Riduzione dei consumi energetici

Riduzione dei consumi energetici. Sistemi di recupero del calore negli impianti continui di trattamento termico.

a) - **Impianti a scambio indiretto**: Scambio termico tra prodotto trattato termicamente e prodotto in ingresso all'impianto

La tecnica si basa sulla possibilità di utilizzare il prodotto in ingresso all'impianto (tipicamente latte) che, per motivi igienico sanitari, è trasportato e stoccato a temperature solitamente non superiori a 6°C, quale liquido refrigerante di scambio con il prodotto che ha già subito il trattamento termico e che deve essere di nuovo raffreddato per mantenere ai minimi livelli l'attività microbica residua (esempio: trattamento di pastorizzazione). Nello svolgere questa funzione di raffreddamento, il prodotto in ingresso all'impianto assorbe calore ed innalza la propria temperatura, portandosi così ai livelli ottimali per l'effettuazione della fase di scrematura / standardizzazione e contemporaneamente riducendo il salto termico da applicarsi nella fase di trattamento. Per rendere effettiva questa tecnica occorre far sì che lo scambio di calore avvenga attraverso una separazione fisica dei due fluidi che normalmente è rappresentata da una superficie di acciaio opportunamente conformata (scambiatori a piastre, scambiatori tubolari ecc.). Tali sistemi devono essere quindi opportunamente progettati e condotti in modo da escludere la possibilità di miscelazione di latte trattato termicamente (fluido a temperatura elevata che provoca il preriscaldamento del prodotto non ancora trattato) con latte crudo (fluido a bassa temperatura che contribuisce al raffreddamento del prodotto trattato).

Vantaggi ambientali – Il sistema permette di utilizzare parte del calore fornito in fase di pastorizzazione o di sterilizzazione per effettuare il pre-riscaldamento del prodotto da trattare che a sua volta, data la bassa temperatura iniziale, contribuisce al raffreddamento del prodotto trattato.

Si raggiunge così lo scopo di risparmiare calorie nella fase di incremento della temperatura per ottenere il corretto trattamento termico e di frigorie nella fase di raffreddamento a temperatura ambiente o a quella di conservazione del prodotto pastorizzato.

A questo proposito, garantire un approvvigionamento di materia prima ad una temperatura uguale o inferiore a 4°C, oltre che agire positivamente sulla qualità microbiologica, permette di operare risparmi energetici nella fase di raffreddamento, utilizzando parzialmente l'energia spesa alla produzione primaria per ottenere il raffreddamento del latte crudo

Effetti incrociati – Effetti benefici anche sulle emissioni in atmosfera

Applicabilità – Il sistema è ampiamente disponibile nelle soluzioni impiantistiche proposte dalle ditte costruttrici. L'applicazione implica lo starvolgimento degli impianti esistenti

Aspetti economici: Sulla base dei seguenti dati di progetto esemplificativi:

Temperatura iniziale del latte 4°C

Temperatura di rigenerazione riscaldamento65°C

Temperatura di pastorizzazione 78°C

Temperatura di rigenerazione raffreddamento 20°C

Temperatura di stoccaggio del latte pastorizzato 4°C

si può ottenere un risparmio energetico dell'80% sul processo

b) - **Impianti a scambio diretto**: Scambio termico tra prodotto freddo in ingresso e vapore estratto nella fase di espansione sotto vuoto successiva al trattamento UHT.

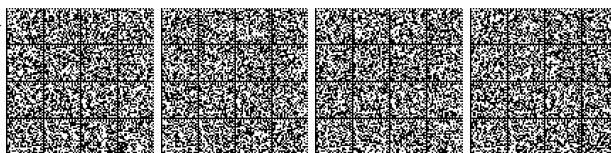
Negli impianti UHT a scambio diretto (trattamento termico ottenuto per miscelazione diretta con vapore) la fase di sterilizzazione deve essere seguita da un'espansione in un recipiente a pressione ridotta per poter riestrarre il vapore miscelato al prodotto. Il vapore deve essere poi condensato mediante scambio con liquido refrigerante. In una prima fase, tale liquido refrigerante può essere costituito dal prodotto stesso da trattare termicamente che, essendo stoccato a bassa temperatura, al momento del trattamento può essere fatto fluire attraverso uno scambiatore indiretto (condensatore) a contatto con i vapori riestratti provocandone la condensazione. Il prodotto si riscalda così a sua volta in modo da poter risparmiare calorie nelle successive fasi di trattamento termico

Vantaggi ambientali – Viene sfruttata la bassa temperatura del prodotto in ingresso per recuperare, almeno parzialmente, le frigorie necessarie alla condensazione del vapore utilizzato in fase di trattamento termico. Contemporaneamente viene fornita al prodotto in ingresso una certa quantità di calore, in modo tale da ridurre il salto termico necessario alla fase di sterilizzazione.

Effetti incrociati – Effetti benefici anche sulle emissioni in atmosfera

Applicabilità – Il sistema è ampiamente disponibile nelle soluzioni impiantistiche proposte dalle ditte costruttrici. Per l'applicazione gli impianti esistenti devono essere pesantemente modificati

Aspetti economici – sulla base dei seguenti dati di progetto esemplificativi:

Temperatura iniziale del latte 4°C
Temperatura di rigenerazione riscaldamento 70°C
Temperatura trattamento UHT 140°C
Temperatura di riempimento del latte UHT 25°C
si può ottenere un risparmio energetico di circa il 70% sul processo

Industria di produzione dei gelati

Riduzione dei consumi energetici

Sistemi di recupero di calore negli impianti continui di trattamento termico
Impianti a scambio indiretto: Scambio termico tra prodotto trattato termicamente e prodotto in ingresso all'impianto
La tecnica si basa sulla possibilità di utilizzare il prodotto in uscita dall'impianto che, per motivi igienico sanitari, è trattato a temperature solitamente di 83°C, quale liquido preriscaldante di scambio con il prodotto che deve ancora subire il trattamento termico (esempio: trattamento di pastorizzazione e omogenizzazione). Nello svolgere questa funzione di preriscaldamento, il prodotto in ingresso all'impianto assorbe calore ed innalza la propria temperatura, portandosi così ai livelli ottimali per l'effettuazione della fase di pastorizzazione e contemporaneamente riducendo il salto termico da applicarsi nella fase di preriscaldo. Per rendere effettiva questa tecnica occorre far sì che lo scambio di calore avvenga attraverso una separazione fisica dei due fluidi che normalmente è rappresentata da una superficie di acciaio opportunamente conformata (scambiatori a piastre, scambiatori tubolari ecc.).

Vantaggi ambientali – Il sistema permette di utilizzare parte del calore fornito in fase di pastorizzazione per effettuare il pre-riscaldamento del prodotto da trattare che a sua volta, data la bassa temperatura iniziale, contribuisce al raffreddamento del prodotto trattato.
Si raggiunge così lo scopo di risparmiare calorie nella fase di incremento della temperatura per ottenere il corretto trattamento termico e di frigorie nella fase di raffreddamento a temperatura ambiente o a quella di conservazione del prodotto pastorizzato.

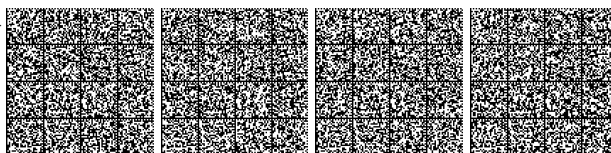
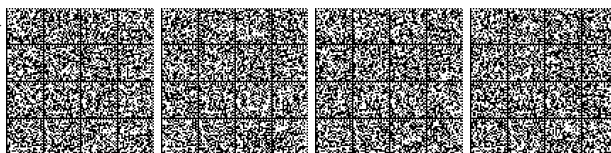
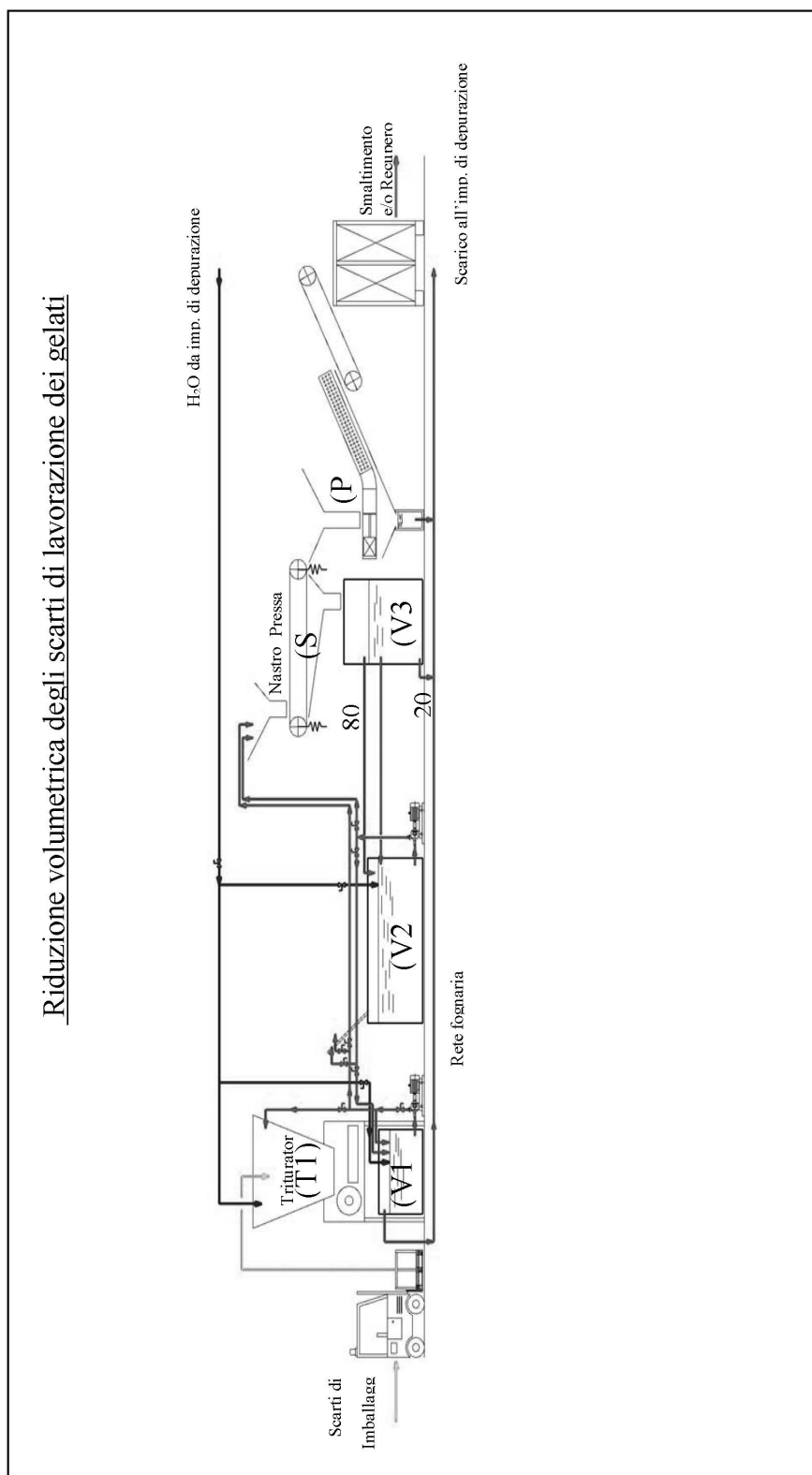
Effetti incrociati – Effetti benefici anche sulle emissioni in atmosfera

Applicabilità – Il sistema è ampiamente disponibile nelle soluzioni impiantistiche proposte dalle ditte costruttrici. L'applicazione implica, per gli impianti esistenti, modifiche rilevanti.

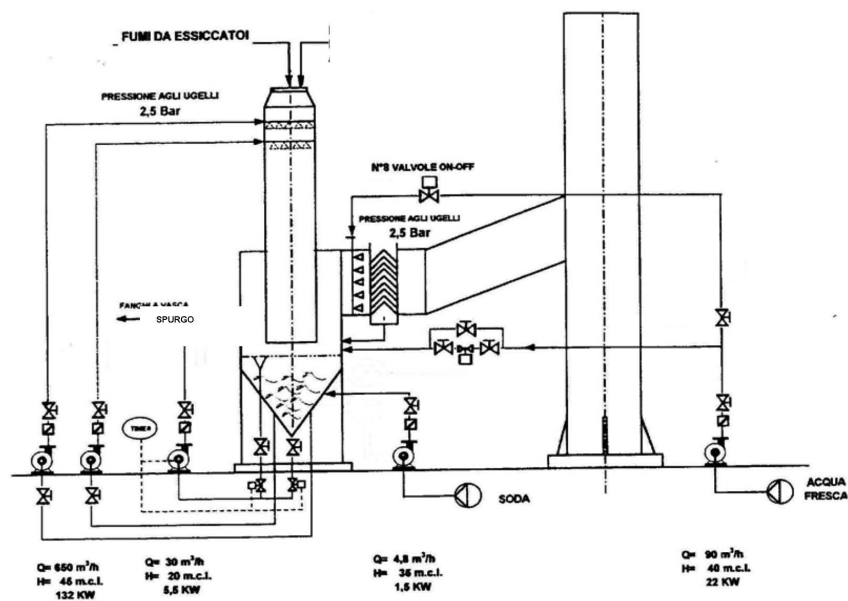
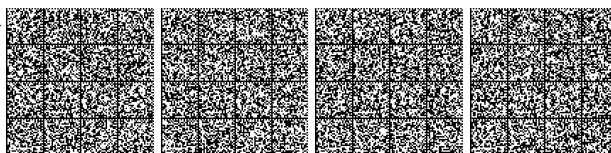
Aspetti economici - Sulla base dei seguenti dati di progetto esemplificativi:
Temperatura iniziale della miscela 60°C
Temperatura di pastorizzazione 83°C
Temperatura di stoccaggio della mix pastorizzata 5°C

Riduzione volumetrica degli scarti di lavorazione dei gelati

La tecnica descritta è utilizzata per trattare gli scarti di gelato che sono costituiti da una fase liquida (miscela gelato) e una fase solida (imballaggio).
Questa tipologia di scarti deriva fisiologicamente dalla fase di confezionamento del prodotto finito e costituisce la maggior parte dei rifiuti che vengono inviati in discarica.
Gli scarti sono composti da una parte edibile (90%) e dagli imballaggi (10%): la parte edibile dello scarto (*fase semisolida)*, contiene una elevata percentuale di acqua e di materiale organico (materie prime) e può essere separata dagli imballaggi (*fase solida)* mediante un sistema di triturazione, lavaggio e pressatura.
Al termine dell'operazione si ottiene una fase liquida che viene trattata all'impianto di depurazione ed una solida che viene destinata allo smaltimento (discarica) o al recupero (presso imp. per la produz. di CDR).
Il processo adottato si sviluppa attraverso le seguenti fasi (vedi schema seguente):
- **Triturazione** (T1): i gelati di scarto, essendo protetti da imballaggio primario, necessitano di una prima fase di macinazione al fine di rendere efficace la successiva fase di dissoluzione in acqua del materiale organico semisolido.

- **Dissoluzione del materiale organico in acqua**: lo scarto, precedentemente triturato, è inviato in una vasca (V1) contenente acqua, dove si ha una prima fase di dissoluzione della parte organica idrosolubile. Da questa vasca, il liquido surnatante è inviato all'impianto di depurazione; mentre, la sospensione solido-liquido, prelevata dal basso, viene inviata a una seconda vasca (V2), adibita alla completa dissoluzione del materiale organico, grazie ad una triturazione più spinta ottenuta tramite pompe trituratrici preposte a tale compito e dall'agitazione mediante soffianti.
  Sia dalla prima che dalla seconda vasca è possibile inviare il materiale ottenuto al sistema di separazione solido-liquido (S).
  Per la la dissoluzione del materiale organico può essere utilizzata l'acqua in uscita dal depuratore o altra non potabile.
- **Separazione Solido-Liquido** (S): la separazione delle due fasi avviene per passaggio del materiale su nastro vibratore:
  (a) la parte liquida, raccolta nella terza vasca (V3), viene riciclata (80% ca) nella seconda vasca (V2) e inviata (20% ca) all'impianto di depurazione;
  (b) la *fase solida* viene trattata ad un pressatore (P) per ridurre il contenuto di umidità. Il liquido di pressatura ottenuto è inviato all'imp. di depurazione; mentre, la parte solida (*imballaggio*) viene destinata allo smaltimento e/o al recupero (CDR).

Industria dello zucchero

Riduzione delle emissioni in atmosfera

Abbattimento ad umido delle polveri
Il contenimento delle emissioni di polveri nei fumi degli impianti di essiccamento delle polpe di barbabietola viene realizzato mediante impianti di abbattimento ad umido.
Spesso tali impianti sono posti a valle di cicloni che provvedono alla separazione dal flusso gassoso della frazione di dimensioni maggiori del materiale particellare trascinato dai gas.
Dal punto di vista costruttivo gli impianti possono essere diversi, ma seguono il medesimo principio di funzionamento: il gas viene introdotto nella parte alta della torre, fluisce in equi-corrente con l'acqua spruzzata per mezzo di appositi ugelli e, fuoriuscito dal fondo della torre, risale verso il camino di emissione attraversando un separatore di gocce a labirinto, continuamente irrorato con il fluido di lavaggio. La soluzione di lavaggio impiegata nella torre si raccoglie in un serbatoio conico sottostante e viene riciclata agli ugelli. L'eliminazione dei solidi abbattuti viene ottenuta attraverso spurghi temporizzati della soluzione di lavaggio, che vengono inviati al sistema di depurazione delle acque reflue. Il livello del serbatoio è integrato in automatico con acqua.
Uno schema semplificato di una possibile installazione è riportato in figura.

Impianti di abbattimento ad umido di questo tipo permettono di ridurre in modo efficace anche l'emissione di ossidi di azoto e ossidi di zolfo, che possono essere presenti in quantità variabile nei fumi dell'impianto di essiccamento delle polpe, in particolare quando l'impianto è alimentato con olio combustibile denso. Data la natura acida dei composti che si formano in soluzione, può essere necessaria l'aggiunta di soda alla soluzione di lavaggio, al fine di mantenere il pH ai corretti valori di esercizio (7,0 – 8,5).

Lo stesso sistema viene generalmente utilizzato anche per l'abbattimento dell'ammoniaca presente nei fumi di saturazione, convogliando le emissioni gassose provenienti dall'impianto di saturazione all'abbattitore ad umido dei fumi degli essiccatoi delle polpe.
Vantaggi ambientali – Riduzione delle emissioni in atmosfera di materiale particellare, ossidi di azoto e di zolfo e di ammoniaca. La riduzione percentuale della concentrazione di polveri è normalmente dell'ordine dell'80%.
Effetti incrociati – L'acqua utilizzata per l'abbattimento proviene dal processo (es: acqua di condensa dal processo di concentrazione delle soluzioni zuccherine); l'impianto non produce pertanto un aumento del prelievo di acqua dall'esterno. Il materiale solido e le sostanze disciolte contenute nello spurgo vengono inviati al sistema di depurazione delle acque.
Dati operativi – Il sistema di abbattimento ad umido può essere messo in esercizio anche con temperature elevate dei fumi.
Applicabilità – Da un punto di vista tecnico, la soluzione è applicabile a tutti gli impianti.
Aspetti economici – Il costo dell'installazione più recente (1995) è stato di circa 600.000 €. I costi di gestione comprendono la manutenzione annuale e l'eventuale costo della soda da aggiungere alla soluzione di lavaggio. Il costo per i consumi di energia elettrica rappresenta circa il 70% dei costi totali; il consumo di energia elettrica è dovuto soprattutto all'alimentazione delle pompe per il riciclo, per l'integrazione e per lo spurgo della soluzione di lavaggio e per il lavaggio del separatore di gocce; l'aspirazione dei fumi all'interno del sistema di abbattimento non comporta un consumo aggiuntivo di energia in quanto si utilizzano a tale scopo i ventilatori degli essiccatoi.

Abbattimento ad umido dell'ammoniaca
In alternativa al convogliamento delle emissioni gassose dell'impianto di saturazione al sistema di abbattimento ad umido dei fumi degli essiccatoi delle polpe, può essere adottato un sistema di abbattimento ad umido dedicato al trattamento dei fumi provenienti dall'impianto di saturazione.
Il principio di funzionamento dell'impianto è il seguente: il flusso gassoso uscente dai camini dei carbonatatori viene aspirato da un ventilatore e inviato ad una torre di lavaggio a letto flottante ad asse verticale. La corrente del liquido di lavaggio viene introdotta dall'alto attraverso ugelli spruzzatori e scorre per gravità all'interno della torre, mentre gli aeriformi, introdotti dal fondo, salgono in contro-corrente rispetto al liquido. La torre comprende anche un separatore di gocce. Il flusso di lavaggio, raccolto nella sezione inferiore della torre viene riciclato agli ugelli da pompe centrifughe ad asse verticale. È inoltre previsto uno scarico temporizzato dal fondo della torre per consentire l'allontanamento di eventuali residui solidi; la soluzione scaricata viene unita all'acqua reflua dello stabilimento.
La soluzione di abbattimento è tipicamente acqua di condensa proveniente dalla fase di concentrazione dei sughi all'interno del processo, portata a pH 4-5 con l'aggiunta di acido concentrato. L'utilizzo di acido fosforico assicura efficienza di abbattimento e minori problemi di corrosione rispetto all'acido cloridrico e solforico.
L'impianto prevede un sistema automatico di reintegro con acqua del livello della soluzione di abbattimento nella cassa alla base della torre, e un sistema di controllo del pH che attiva automaticamente l'aggiunta di acido.
Vantaggi ambientali – Contenimento della concentrazione di ammoniaca nelle emissioni gassose.
Dati operativi - L'efficienza di abbattimento dell'ammoniaca di questo tipo di impianti è dell'ordine del 90%.
Effetti incrociati - L'acqua utilizzata per l'abbattimento proviene dal processo (es: acqua di condensa dal processo di concentrazione delle soluzioni zuccherine); l'impianto non produce pertanto un aumento del prelievo di acqua dall'esterno.

Nei casi in cui le acque reflue del processo risultino povere di fosforo rispetto al rapporto ottimale BOD/N/P per la depurazione, lo spurgo del sistema di abbattimento costituisce una utile integrazione della eventuale carenza di fosforo.
Applicabilità – Dal punto di vista tecnico la soluzione è applicabile a tutti gli impianti.
Aspetti economici – Il costo di una nuova installazione può essere valutato approssimativamente in 180.000 €. Il costo annuo dell'acido fosforico aggiunto alla soluzione di abbattimento può variare anche sensibilmente in funzione del valore impostato di pH, ed è approssimativamente compreso fra 30.000 € e 60.000 €/anno. Altri costi sono dovuti al consumo elettrico del ventilatore e delle pompe di riciclo della soluzione di abbattimento, e alla manutenzione annuale.

Sistemi di abbattimento ad umido per recupero di polveri di zucchero
Durante la fase di condizionamento dello zucchero il prodotto viene essiccato e poi raffreddato con aria. L'aria in uscita dagli impianti di essiccamento e raffreddamento viene opportunamente trattata con impianti di captazione polveri a umido (che utilizzano acqua di condensa raffreddata oppure sugo leggero) al fine di recuperare nel processo produttivo le polveri di zucchero ivi contenute.

Vantaggi ambientali – Il vantaggio ambientale è dato dal contenimento della emissione di particelle solide nelle emissioni gassose.

Effetti incrociati – Nessuno.

Dati operativi – L'efficienza di questo tipo di filtro è dell'ordine del 90%.

Applicabilità – La soluzione è applicabile a tutti gli impianti.

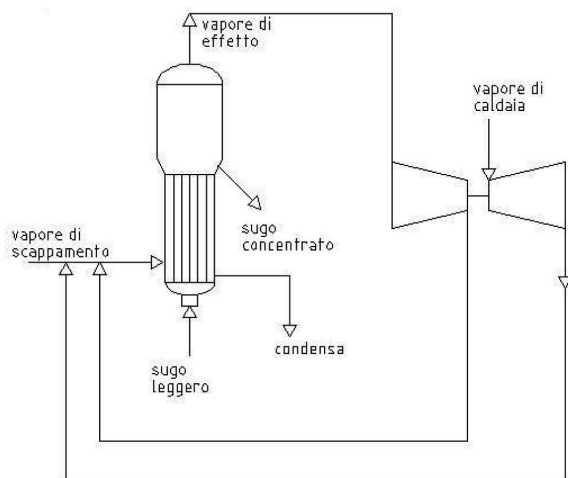
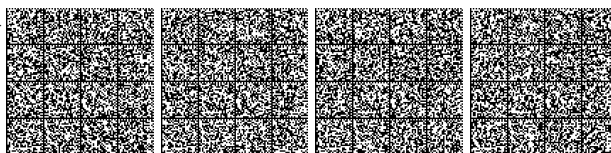
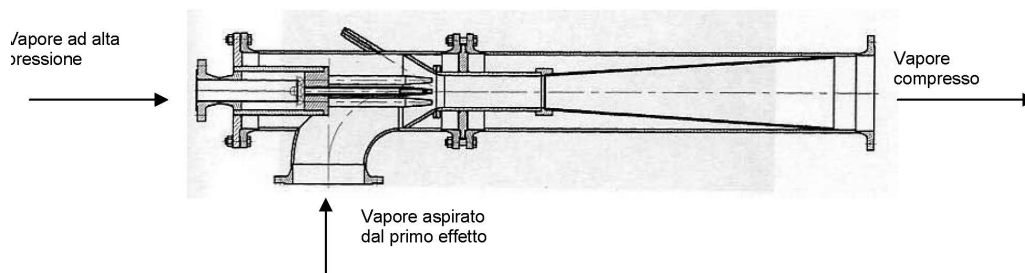
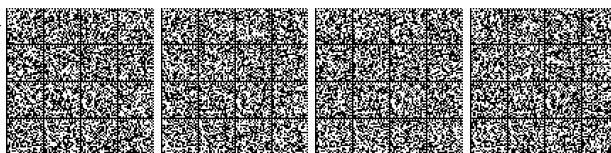
Riduzione dei consumi energetici

Le MTD per il risparmio energetico descritte nel seguito possono essere applicate anche in altri settori produttivi. Vengono qui presentate in ragione del loro ampio utilizzo nell'industria dello zucchero.

Evaporazione a multiplo effetto
La concentrazione del sugo leggero in zuccherificio viene effettuata in evaporatori posti in serie secondo lo schema della batteria di evaporazione a multiplo effetto.
Il vapore viene alimentato al primo effetto della batteria, producendo l'evaporazione di parte dell'acqua contenuta nel sugo; il vapore che si genera viene utilizzato come fluido riscaldante nel secondo effetto della batteria, e così di seguito. Le batterie di evaporazione degli zuccherifici sono composte normalmente da 5 o 6 effetti, l'ultimo dei quali è collegato con un condensatore barometrico nel quale viene condensato il vapore uscente, producendo il vuoto. In condizioni normali ogni effetto è caratterizzato da uno specifico valore di pressione e temperatura, con i valori più bassi nell'ultimo (~90 °C) ed i più elevati nel primo (~130 °C).
Parte del vapore prodotto in ciascun effetto viene prelevato e utilizzato per le necessità di riscaldamento del processo e come fluido riscaldante in altri apparecchi evaporatori nei quali si realizza la cristallizzazione dello zucchero. In questo schema la batteria di evaporazione rappresenta in pratica un distributore di vapore, che riceve vapore dalla centrale termoelettrica e ridistribuisce il vapore (proveniente dalla evaporazione dell'acqua dal sugo) verso le utenze descritte sopra. Il consumo netto di vapore per la concentrazione del sugo corrisponde pertanto solo alla quantità di vapore che esce dall'ultimo effetto e viene condensato nel condensatore barometrico.

Vantaggi ambientali – L'utilizzo di una batteria di evaporazione a multiplo effetto con prelievi consente una notevole riduzione della quantità di vapore da produrre in caldaia, con una conseguente riduzione del consumo di combustibile e delle emissioni in atmosfera.
Effetti incrociati – L'acqua di condensa prodotta viene ampiamente riutilizzata all'interno del processo per operazioni di riscaldamento, e in sostituzione dei prelievi di acqua pulita dall'esterno per la fase di estrazione del saccarosio dalle barbabietole, per le pulizie e per altri servizi. L'eccesso di acqua di condensa, raffreddato, viene inviato agli impianti di depurazione delle acque.
Applicabilità – La soluzione è applicabile a tutti gli impianti.
Dati operativi – Una batteria di evaporazione tipica a 5 effetti, con prelievi, durante il funzionamento normale può consentire di evaporare circa 3,0 t di acqua per tonnellata di vapore alimentato al primo effetto.

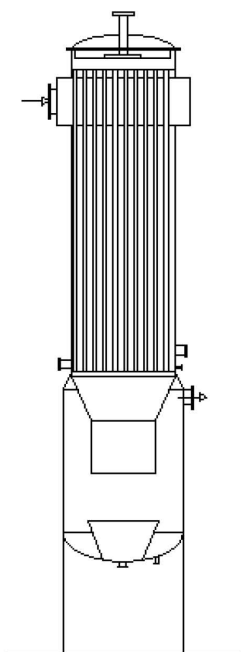
Ricompressione del vapore

a. Ricompressione meccanica del vapore
La ricompressione meccanica del vapore rappresenta una metodologia efficiente per concentrare una soluzione, e può essere utilizzata per integrare il sistema tradizionale di concentrazione del sugo basato sull'evaporazione a multiplo effetto.
Il funzionamento di questa tecnica è, in breve, il seguente:
si utilizza un gruppo formato da un turbocompressore e un corpo di evaporazione; il turbocompressore è azionato con vapore di caldaia (≈ 35 bar), e serve a riqualificare, mediante compressione, il vapore generato nel corpo di evaporazione; tale vapore, ricompresso e poi attemperato, è adatto a fare da fare da fluido riscaldante nello stesso corpo.
Questo significa in pratica aggiungere un pre-concentratore alla batteria a multiplo effetto, che verrà alimentata dunque con un sugo leggermente meno diluito rispetto al funzionamento classico (da un'alimentazione a 12÷13 Bx si passerà ad un'alimentazione a 18÷19 Bx).

b. Ricompressione termica del vapore
In questo impianto si realizza la ricompressione di una parte del vapore prodotto dalla evaporazione del sugo, normalmente nel primo effetto della batteria, aspirandolo in un eiettore assieme ad una adatta quantità di vapore motore ad alta pressione prodotto dalla

centrale termica. Nella zona divergente dell'eiettore si realizza la miscelazione dei due vapori e si ottiene in uscita il vapore compresso.

In particolare il vapore estratto dal primo effetto di evaporazione viene riportato in questo modo alle condizioni di pressione e temperatura del vapore riscaldante del primo effetto e impiegato di nuovo, realizzando una evaporazione supplementare di acqua al primo effetto, e un corrispondente risparmio di combustibile alla centrale termica.
Vantaggi ambientali - L'installazione di un sistema di compressione del vapore consente di ridurre la quantità di vapore da produrre in caldaia, con una conseguente riduzione del consumo di combustibile e delle emissioni in atmosfera.
Effetti incrociati – Entrambi i sistemi di compressione del vapore possono costituire una sorgente di rumore.
Dati operativi – Un sistema di ricompressione del vapore normalmente riesce a riqualificare circa 5 t di vapore di primo effetto utilizzando 1 t di vapore di caldaia; il vapore di azionamento è a 35 bar di pressione e ≈ 400°C di temperatura. Il vapore di primo effetto passa da P' ≈ 3 bar e T' ≈ 135°C a P'' ≈ 3,7 bar e T''≈145°C.
Il turbocompressore è una macchina rotante, e in quanto tale è soggetta a usura e necessita di adeguati controlli e manutenzione.
Applicabilità – La soluzione è tecnicamente applicabile ed economicamente vantaggiosa solo per gli impianti nei quali la richiesta complessiva di vapore per i riscaldamenti e per la cristallizzazione risulta inferiore alla quantità di vapore che è necessario impiegare nella fase di concentrazione del sugo leggero, cioè nei casi in cui la concentrazione può essere completata solo inviando una certa quantità di vapore ai condensatori barometrici, dove il flusso di calore corrispondente viene disperso.
Una ulteriore limitazione è dovuta al fatto che per evitare di avere un salto di pressione troppo alto tra camera vapore e camera sugo del 1° effetto (che pregiudica, peraltro, anche il rendimento di compressione) è normalmente necessario ampliare la corrispondente superficie di scambio termico con l'installazione di un nuovo corpo di evaporazione. L'inserimento di un impianto di ricompressione del vapore in uno stabilimento esistente è pertanto vincolato anche allo spazio e ai problemi impiantistici legati all'installazione. Generalmente all'interno di uno stabilimento gli spazi utilizzabili sono minimi, mentre l'installazione di un impianto del genere necessita di tutto lo spazio, in pianta e in elevazione, per l'inserimento di un ulteriore corpo di evaporazione e del relativo pallone di condensa, oltrechè del sistema di compressione (ugelli o turbocompressore); inoltre sono da realizzare i collegamenti del vapore motore e i collegamenti elettrostrumentali; a tutto questo si deve poi aggiungere un desurriscaldatore, che è necessario per poter utilizzare un vapore in condizioni di equilibrio termodinamico.

Aspetti economici – Il costo dell'installazione di un simile impianto è notevole, (circa 800.000 Euro per un impianto di termocompressione di medie dimensioni) ed è inoltre da valutare il rischio di dover comperare dell'energia elettrica che, in caso di forte diminuzione del fabbisogno di vapore, lo stabilimento non sarebbe più in grado di autoprodurre.

Evaporatore a flusso discendente

Un'evaporazione a multiplo effetto implica la suddivisione del salto entalpico totale in tanti intervalli quanti sono gli effetti; risulta dunque necessario poter sfruttare al meglio un salto entalpico piccolo utilizzando evaporatori il più possibile efficienti. L'evaporatore a flusso discendente corrisponde appunto a queste caratteristiche.

Il principio di funzionamento si basa sullo scambio termico che si ottiene facendo discendere un film di soluzione all'interno di tubi investiti esternamente dal fluido riscaldante (vapore).

In tal modo il vapore che si libera si muove in equicorrente con il liquido da cui evapora; lo scambio termico è ottimizzato grazie all'eliminazione del ΔT idrostatico e grazie al maggior coefficiente di scambio termico che si ottiene attraverso il sottilissimo spessore del film. Il vapore deve poi essere inviato ad un separatore, mentre il sugo concentrato, che si raccoglie nella parte inferiore, viene inviato all'effetto successivo.

evaporatore a flusso discendente

Vantaggi ambientali – L'utilizzo di evaporatori a flusso discendente consente di sfruttare al massimo il contenuto energetico del vapore, permettendo una diminuzione della necessità di vapore con conseguente riduzione del consumo di acqua, di combustibile e di emissioni in atmosfera.

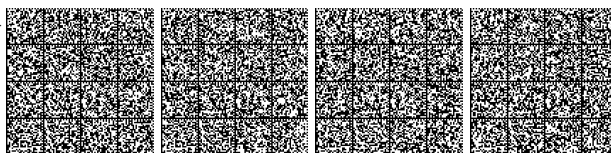
Effetti incrociati – Nessuno

Dati operativi – Nessuno in particolare.

Applicabilità – La soluzione è tecnicamente applicabile per tutti gli impianti.
Aspetti economici – Il costo di installazione è notevole, tanto da considerarsi vantaggiosa solo per nuovi impianti.

Utilizzo di cristallizzatori continui.
Il processo di cristallizzazione dello zucchero da soluzioni sovrassature di saccarosio può essere condotto in apparati di cristallizzazione discontinui o continui.
In entrambi i casi il principio è quello della evaporazione sottovuoto dell'acqua della soluzione fino al raggiungimento del prodotto di solubilità del saccarosio, che precipita in forma cristallina. Da un punto di vista impiantistico, tuttavia, le due soluzioni presentano differenze sostanziali:

- nei cristallizzatori discontinui il processo viene interrotto ogni volta che la "bolla di cottura" risulta piena di una miscela di cristalli e acqua madre ("massacotta") della consistenza desiderata, in modo da permettere lo scarico della stessa verso le successive fasi di maturazione e centrifugazione;
- i cristallizzatori continui, invece, vengono alimentati senza sosta con un magma contenente cristalli preformati di piccole dimensioni e con la soluzione concentrata di saccarosio, e in continuo si estrae dall'altra estremità dell'impianto la massacotta che viene inviata agli stadi successivi. Le diverse fasi della cristallizzazione per evaporazione, che nel processo discontinuo avvengono una dopo l'altra in un unico apparato, negli impianti continui sono in parte separate nello spazio, mentre la miscela di cristalli e acqua madre si sposta da una estremità all'altra dell'impianto.

Vantaggi ambientali – Gli impianti continui sono caratterizzati da un maggiore coefficiente di scambio in virtù della più efficiente movimentazione della massacotta all'interno del cristallizzatore e del minore battente idrostatico sul fascio tubero. Ciò può permettere di condurre la cristallizzazione con vapore di riscaldamento a temperatura più bassa, eventualmente prelevato da effetti a valle nella batteria di evaporazione, con conseguente risparmio nella produzione di vapore e quindi nel consumo di combustibile.
Effetti incrociati – L'eliminazione dei tempi morti dovuti allo scarico della massacotta e al lavaggio con vapore delle bolle di cottura discontinue dopo ogni ciclo permette di ottenere con gli impianti continui una maggiore efficienza, in termini di capacità produttiva. Bisogna comunque tenere conto della necessità di fermate e lavaggi periodici delle bolle continue, la cui frequenza aumenta all'aumentare della purezza degli sciroppi trattati, e quindi alla crescente tendenza alla incrostazione delle superfici di scambio.
Applicabilità – L'applicazione è di fatto limitata agli stadi di cristallizzazione che utilizzano soluzioni di saccarosio a purezza relativamente bassa. In situazioni impiantistiche particolari liintroduzione di una bolla continua può essere sostituita dal collegamento in cascata di una serie di cristallizzatori discontinui in un impianto esistente.
Aspetti economici – La semplice sostituzione di un gruppo di cristallizzatori discontinui con uno continuo non comporta di per sé un risparmio energetico che giustifichi l'investimento necessario; tale obiettivo può essere raggiunto solo modificando l'intero assetto di produzione e distribuzione del vapore, che comprende anche il ricorso a cristallizzatori continui. Pertanto la soluzione va considerata solo per nuove installazioni.

Cristallizzatore MET
Il cristallizzatore continuo verticale MET (Multistage Ebullism Tank) costituisce un completamento della cristallizzazione con in più l'introduzione di un notevole recupero entalpico. Viene installato a valle della cristallizzazione classica (in quanto in esso non avviene nucleazione, e va quindi alimentato con un sugo già contenente cristalli), ed è costituito da un cilindro verticale formato da più cristallizzatori (o "camere") sovrapposti, dotati di agitazione meccanica, in cui la massacotta passa da una camera alla successiva per gravità; l'introduzione del MET, che consente una cristallizzazione ulteriore ("cristalllizzazione per raffreddamento") e il successivo raffreddamento con relativo ingrossamento dei cristalli di saccarosio ("maturazione"), consente di fermare la cristallizzazione classica ad un punto di sostanza secca più basso. Il funzionamento di tale apparecchiatura avviene sottovuoto.
Vantaggi ambientali: L'utilizzo del MET consente un minor impatto energetico:

- il prodotto in uscita può essere trattato utilizzando un fluido riscaldante meno pregiato (la massacotta esce dal MET a temperatura più bassa rispetto alla cristallizzazione classica);
- maggiore sfruttamento dell'entalpia disponibile (operando sotto vuoto la massacotta in uscita ha un contenuto entalpico particolarmente basso).

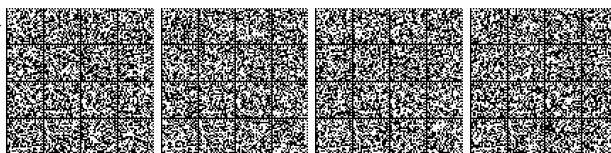
Aspetti economici: Il costo dell'investimento è notevole (≈ 1.000.000,00 €), va dunque valutata situazione per situazione la convenienza di una tale installazione.
Applicabilità: la soluzione è applicabile ovunque.
Effetti incrociati: Effetti positivi dovuti al ridotto consumo di energia.

Adozione di tubi scanalati negli apparecchi di evaporazione
Lo scambio termico tra fluido riscaldante e fluido di processo è garantito, negli evaporatori, da appositi fasci tubieri. Al fine di aumentare la superficie di scambio si può prevedere, per gli impianti di nuova installazione, l'utilizzo di tubi scanalati.
Vantaggi ambientali: L'aumento della superficie di scambio consente una riduzione del consumo di energia termica (in virtù dell'aumento di rendimento), con conseguente riduzione delle emissioni in atmosfera e di consumo di combustibile.
Aspetti economici: L'acquisto di tubi scanalati, che costano singolarmente di più dei tubi classici, comporta di contro la diminuzione dei volumi in gioco in virtù dell'aumentato rapporto superficie di scambio/volume. Si prevede che si possa avere un ritorno dell'investimento nel giro di pochi anni.
Applicabilità: la soluzione è applicabile per impianti di nuova installazione e nel caso di sostituzione di vecchi fasci tubieri.

Comparto Acqua

La barbabietola da zucchero è costituita da ca. 75% di acqua che viene rilasciata durante il processo di estrazione dello zucchero. Una ulteriore quantità di acqua deve poi essere prelevata dall'esterno per usi tecnologici.

Una parte dell'acqua viene eliminata per evaporazione, una parte rimane nei prodotti e sottoprodotti e la parte restante costituisce lo scarico idrico del processo che deve essere trattato prima dello scarico finale.

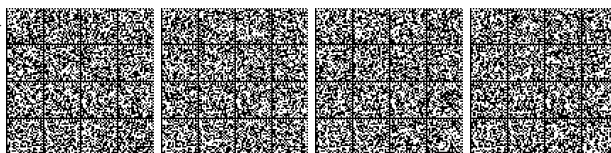
Le MTD possono essere così riassunte:

Minimizzazione del prelievo di acqua;
Minimizzazione del carico inquinante nei reflui da trattare.

Riduzione dei consumi idrici

Riciclo dell'Acqua per il trasporto bietole
Il volume più importante di acqua utilizzata nel processo è quella del trasporto delle bietole. Questa acqua viene riciclata dopo essere stata il più possibile liberata dalla terra e dai vegetali che accompagnano le bietole; il reintegro del ciclo con acqua prelevata all'esterno è estremamente contenuto.
Al fine di contenere il prelievo di acqua, ed in considerazione della disponibilità locale delle fonti di approvvigionamento, parte dell'acqua depurata prodotta nella precedente campagna può essere trattenuta nei bacini di stoccaggio per essere poi riutilizzata come acqua di trasporto bietole per la campagna successiva.
Vantaggi ambientali: Poiché la quantità necessaria al trasporto delle bietole è variabile fra 4 a 8 mc per tonnellata di barbabietole il riutilizzo di questa acqua per uno zuccherificio che processa in media 700.000 tonnellate di barbabietole a campagna è un fattore essenziale.
Aspetti economici: Riduzione dei costi di prelievo dell'acqua pulita.
Applicabilità: la soluzione è applicabile ovunque.
Effetti incrociati: Il riciclo di acqua produce una concentrazione del carico organico trasferito all'acqua dalla materia prima trasportata. Necessità di contenere possibili infezioni ed emissioni di odori.

Riciclo dell'Acqua di spremitura delle polpe
Le polpe esauste di barbabietola, in uscita dall'impianto di estrazione (diffusione) del saccarosio, vengono sottoposte ad un processo di pressatura (o spremitura) per innalzarne la sostanza secca da un valore circa pari al 7-8% fino a valori di 25-28%.
L'acqua proveniente dall'impianto di spremitura delle polpe non viene scaricata all'esterno del processo, ma viene riciclata in continuo all'impianto di diffusione e serve di nuovo per l'estrazione del saccarosio dalle barbabietole.
Vantaggi ambientali: Il riciclo dell'acqua di spremitura rappresenta circa il 60% dell'acqua totale utilizzata nel processo di estrazione, e sostituisce una uguale quantità di acqua che dovrebbe altrimenti essere prelevata dall'esterno. Per uno zuccherificio tipo che lavora 10.000 t di barbabietole al giorno, il risparmio nell'approvvigionamento idrico dall'esterno può essere stimato in circa 6.000 m^3 di acqua al giorno.
Aspetti economici: Riduzione dei costi di prelievo dell'acqua pulita.
Applicabilità: la soluzione è applicabile ovunque.
Effetti incrociati: Un effetto positivo è rappresentato dal recupero nel processo dello zucchero residuo contenuto nell'acqua di spremitura.

Riduzione del carico inquinante associato ai reflui liquidi

Tecniche agronomiche
Fra i produttori di barbabietole e le società saccarifere esiste una fattiva collaborazione allo scopo di sviluppare le migliori tecniche di coltivazione, soprattutto per quanto riguarda l'utilizzo dei fertilizzanti. Una applicazione attenta dei fertilizzanti (in termini di quantità di nutrienti totali applicati, con particolare riferimento all'azoto, frequenza delle applicazioni e

relative modalità) porta a massimizzare la resa in zucchero per entrambi i soggetti interessati, vale a dire coltivatori e produttori di zucchero.
Il corretto dosaggio dei fertilizzanti azotati permette di evitare l'introduzione nel processo, con la materia prima, di eccessive quantità di azoto.
***Vantaggi ambientali*:** Dal punto di vista ambientale, la riduzione più consistente dell'impatto si registra sulle acque, per il minore rilascio di azoto dalle barbabietole all'acqua di trasporto e nelle successive fasi del processo (ad es: acqua di condensa).
Effetti incrociati: Un altro impatto importante è la riduzione dell'emissione in aria di ammoniaca, con particolare riferimento alle emissioni dell'impianto di saturazione.

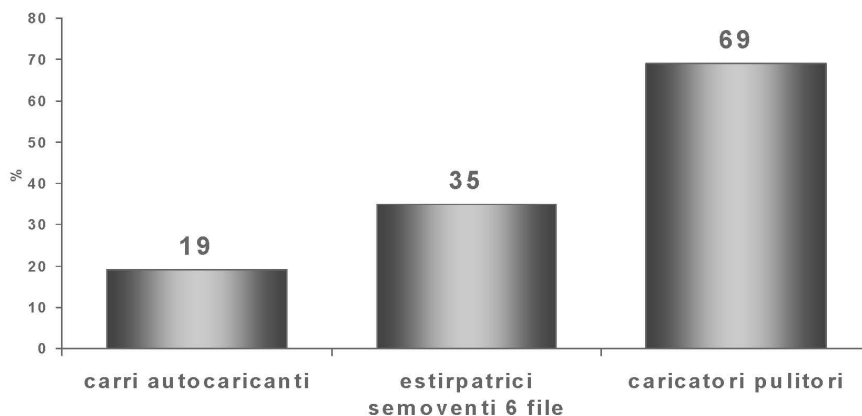
Riduzione tempo di stoccaggio della materia prima
Il tempo di stoccaggio della materia prima risulta un fattore cruciale, soprattutto nei climi caldi. Lunghi periodi di sosta delle barbabietole sui campi dopo l'estirpo e nei sili di stoccaggio in zuccherificio possono causare il deterioramento della materia prima a causa delle elevate temperature esterne, con conseguente perdita di saccarosio.
I tempi dell'estirpo sono pertanto pianificati con cura dal servizio agricolo, in modo tale che non trascorrano, in condizioni normali, più di 24 ore tra la raccolta e la lavorazione della materia prima.
***Vantaggi ambientali*:** Un minore deterioramento della materia prima comporta una riduzione del rilascio di sostanze organiche nell'acqua di trasporto.

Macchine sterratrici
La quantità di terra introdotta in zuccherificio con le barbabietole può essere notevolmente ridotta adottando macchine per la raccolta delle barbabietole dotate di sistemi efficienti di separazione della terra già sul campo.
L'introduzione nel processo di barbabietole più pulite comporta una riduzione del carico organico dell'acqua di trasporto, con un conseguente alleggerimento del carico sui sistemi di depurazione delle acque.
Per i dettagli delle tecniche utilizzate, e per le informazioni su vantaggi ambientali, aspetti economici, dati operativi, applicabilità ed effetti incrociati, si veda il paragrafo "Riduzione della produzione di rifiuti – macchine sterratrici".

Riduzione della produzione dei rifiuti

I principali residui solidi prodotti nell'attività di uno zuccherificio sono costituiti da materiali provenienti dalla pulizia delle barbabietole, vale a dire terra da coltivo e frammenti vegetali (erba e frammenti di barbabietola), e da materiali provenienti dalla fase di depurazione del sugo zuccherino estratto dalle barbabietole, vale a dire le calci di defecazione o calci di carbonatazione.
Le terre e la calci di carbonatazione sono riutilizzate principalmente per ripristini ambientali; le calci di carbonatazione possono essere anche impiegate come fertilizzanti in agricoltura, mentre i vegetali recuperati dalle operazioni di lavaggio e pulizia delle barbabietole sono destinati alla produzione di mangimi.

Macchine sterratrici
La quantità di terra separata dalle barbabietole in zuccherificio può essere notevolmente ridotta adottando macchine per la raccolta delle barbabietole dotate di sistemi efficienti di separazione della terra già sul campo.
Dal 1995 l'introduzione delle macchine da raccolta con capacità di sterro operanti in vari bacini bieticoli ha avuto un'evoluzione consistente.

Le macchine si suddividono in tre tipologie principali: carri autocaricanti, estirpatrici semoventi su 6 file e caricatori pulitori.
La figura che segue evidenzia le percentuali della capacità di riduzione della terra di restituzione (comprese fra un minimo di 19 % per i carri autocaricanti ed un massimo di 69 % per i caricatori pulitori).

Complessivamente, la percentuale di terra riferita alle bietole trasportate in stabilimento per effetto dell'introduzione delle macchine sterratrici diminuisce circa della metà.
Vantaggi ambientali - Riduzione della quantità di terra di pulizia delle barbabietole introdotta in zuccherificio.
Effetti incrociati - L'introduzione con le barbabietole di una minore quantità di terra comporta i seguenti vantaggi:

- riduzione del carico organico dell'acqua di trasporto e lavaggio delle barbabietole;
- minore necessità di reintegro di acqua pulita;
- minore necessità di calce o altri agenti alcalinizzanti per il trattamento dell'acqua;
- a parità di materia prima introdotta in stabilimento, riduzione del numero di viaggi necessari per il trasporto delle barbabietole e per il ricollocamento della terra di pulizia;
- riduzione dell'impatto dovuto alla restituzione della terra su un sito diverso da quello di provenienza.

Aspetti economici - Dal punto di vista economico l'acquisto delle macchine rappresenta un notevole investimento.

Industria della birra

Recupero del calore dal vapore proveniente dal bollitore del mosto all'interno di una fabbrica di birra

La bollitura del mosto rappresenta il processo di consumo di calore più ampio all'interno di una fabbrica di birra. Una volta bollito, circa il 6 - 12% del mosto evapora. Il vapore viene generalmente immesso nell'atmosfera, causando uno spreco di energia e producendo odori sgradevoli. Il recupero del calore dai bollitori del mosto comporta un risparmio di energia e previene i problemi connessi alla presenza di odori.
Il modo più semplice[11] per ricuperare calore dal vapore è rappresentato dalla produzione di acqua calda utilizzabile nel processo e nelle pulizie degli impianti.
Quest'acqua calda va ad aggiungersi a quella recuperata, durante il processo di raffreddamento del mosto, mediante gli scambiatori a piastre. Non sempre però le fabbriche di birra hanno la necessità di così significative quantità di acqua calda e, per questo, occorre individuare più efficaci sistemi di recupero energetico.
Vi sono due interessanti possibilità da considerare per il ricupero del calore da vapore:

1. Utilizzo del vapore per far bollire il mosto. In questo caso il vapore, riscaldato tramite un compressore (iniettore a vapore o compressore meccanico), può essere utilizzato per far bollire il mosto in uno scambiatore di calore.
2. Utilizzo del calore presente nel vapore per produrre acqua a 95°C per il preriscaldamento del mosto prima della bollitura. Il mosto può essere riscaldato ad una temperatura compresa tra 75°C e circa 90°C utilizzando calore ricuperato.

Vantaggi ambientali - Riduzione dei consumi energetici per l'operazione di bollitura. Riduzione dei consumi di acqua per il processo e per le operazioni di pulizia.

Effetti incrociati – Nessuno

Applicabilità – Applicabile per nuovi impianti o per ristrutturazione integrale di impianti esistenti

Aspetti economici – Costi di investimento notevoli. Tempi di ritorno dell'investimento generalmente ragionevoli.

Riutilizzo delle soluzioni utilizzate per il lavaggio delle bottiglie dopo sedimentazione e filtrazione

Al fine di risparmiare soda caustica e acqua dolce, e per evitare carichi inquinanti eccessivi legati alle acque di scarico, è possibile installare un sistema di sedimentazione e filtrazione delle soluzioni in uscita dall'impianto di lavaggio delle bottiglie al termine del singolo periodo produttivo. Non è quindi necessario scaricare in continuo la soluzione. La soluzione di lavaggio dovrà essere scaricata dalla macchina di lavaggio delle bottiglie solo alla fine della settimana
La soluzione viene quindi inviata ad un sedimentatore , successivamente, ad una fase di filtrazione al fine di rimuovere i solidi non separati per gravità. La fase sedimentata potrà

[11] Diversi modi di recuperare calore dall'ebollizione del mosto sono giustificati dalle diverse strutture impiantistiche e dai diversi ritmi produttivi: birrerie con più di un impianto di produzione mosto e con un numero elevato di lavorazioni (cotte) giornaliere sicuramente hanno maggior convenienza ad utilizzare direttamente il calore latente del vapore prodotto dall'ebollizione di una cotta per l'ebollizione del mosto di un'altra, poiché è possibile far collimare i tempi di ebollizione dell'una con i tempi di riscaldamento dell'altra. Nel caso di impianti singoli e con numero limitato di lavorazioni giornaliere è preferibile accumulare calore come acqua calda.

essere rimossa durante l'interruzione della lavorazione con cadenza settimanale, e la soluzione potrà essere resa nuovamente disponibile all'inizio della settimana di produzione successiva. Anche il carico inquinante presente nelle acque di scarico viene ridotto.

Vantaggi ambientali - Il risultato più importante è rappresentato dal risparmio sull'utilizzo di soda caustica e di acqua. Anche il carico inquinante nelle acque reflue inviate al trattamento si riduce.

Effetti incrociati – Maggiori consumi energetici legati al funzionamento del sedimentatore, del filtro e delle pompe necessarie al ricircolo.

Dati operativi – La capacità di pulizia della soluzione di soda caustica al 2% può essere mantenuta per 5 o 6 giorni lavorativi a settimana. Nel caso di presenza del sedimentatore, che può assolvere anche alla funzione di stoccaggio, la soluzione può essere utilizzata per più settimane.

Applicabilità – Applicabile in tutti gli impianti che utilizzano bottiglie a rendere.

Aspetti economici – Riduzione dei costi per i prodotti chimici. Riduzione dei costi per il trattamento degli effluenti liquidi.

Ottimizzazione consumo idrico nel risciacquo delle bottiglie

E' possibile ridurre il consumo idrico per mezzo dell'ottimizzazione del consumo idrico nelle aree di risciacquo relativamente alla lavatrice di bottiglie. Un consumo idrico di circa 0,5 hl di acqua/hl di birra imbottigliata può essere raggiunto in questo modo:

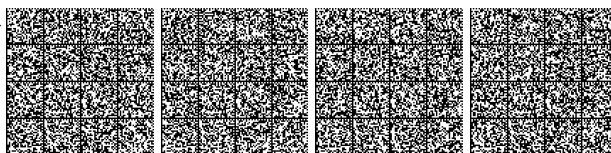
- controllando il flusso di risciacquo dell'acqua
- installando una valvola automatica per interrompere la fornitura di acqua nel caso in cui la linea dovesse arrestarsi.

Vantaggi ambientali – Risparmio nei consumi di acqua

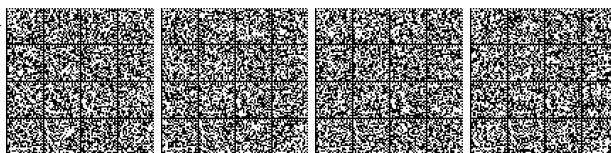
Effetti incrociati – Nessuno

Dati operativi – In un impianto italiano l'efficienza di pulizia della macchina è del 70-75% che corrisponde al 25-30% di periodo di inattività nel corso del quale è possibile interrompere il flusso di acqua.

Applicabilità – In tutti gli impianti

Aspetti economici – Costi di investimento modesti

H. DEFINIZIONE DELLA LISTA DELLE MIGLIORI TECNICHE PER LA PREVENZIONE INTEGRATA DELL'INQUINAMENTO DELLO SPECIFICO SETTORE IN ITALIA

H1. MTD valide per tutti i settori produttivi

1. Attivare un preciso programma di gestione ambientale (EMAS, ISO 14001 o aziendale ma basato sugli stessi principi dei modelli citati).
2. Attivare un corrispondente programma di addestramento e sensibilizzazione del personale.
3. Utilizzare un programma di manutenzione stabilito.
4. Riduzione degli scarti e delle emissioni in fase di ricevimento delle materie prime e dei materiali
5. Riduzione dei consumi di acqua - Installazione di misuratori di acqua su ciascun comparto produttivo e/o su ciascuna macchina
6. Riduzione dei consumi di acqua - Separazione delle acque di processo dalle altre
7. Riduzione dei consumi di acqua – Riduzione del prelievo dall'esterno. Impianto di raffreddamento a torri evaporative
8. Riduzione dei consumi di acqua - Riutilizzo delle acque di raffreddamento e delle acque delle pompe da vuoto
9. Riduzione dei consumi di acqua - Eliminazione dei rubinetti a scorrimento e manutenzione di guarnizioni di tenuta in rubinetteria, servizi igienici, ecc.
10. Riduzione dei consumi di acqua - Impiego di idropulitrici a pressione.
11. Riduzione dei consumi di acqua - Applicare agli ugelli dell'acqua comandi a pistola.
12. Riduzione dei consumi di acqua - Prima pulizia a secco degli impianti e applicazione alle caditoie sui pavimenti trappole amovibili per la separazione dei solidi.
13. Riduzione dei consumi di acqua – Progettazione e costruzione dei veicoli e delle attrezzature di carico e scarico in modo che siano facilmente pulibili.
14. Riduzione dei consumi di acqua – Riutilizzo delle acque provenienti dai depuratori per operazioni nelle quali non sia previsto l'uso di acqua potabile.
15. Riduzione dei consumi energetici. Miglioramento del rendimento delle centrali termiche.
16. Riduzione dei consumi energetici. Coibentazioni delle tubazioni di trasporto di fluidi caldi e freddi
17. Riduzione dei consumi energetici. Demineralizzazione dell'acqua
18. Riduzione dei consumi energetici. Cogenerazione
19. Uso efficiente dell'energia elettrica. Impiego di motori ad alta efficienza.
20. Uso efficiente dell'energia elettrica. Rifasamento.
21. Uso efficiente dell'energia elettrica. Installazione di contatori su ciascun comparto produttivo e/o su ciascuna macchina
22. Controllo delle emissioni gassose Sostituire combustibili liquidi con combustibili gassosi per il funzionamento degli impianti di generazione del calore.
23. Controllo delle emissioni gassose – Controllo in continuo dei parametri della combustione e del rendimento
24. Controllo delle emissioni gassose – Riduzione dei rischi di emissione in atmosfera da parte di impianti frigoriferi che utilizzano ammoniaca (NH_3)
25. Abbattimento polveri mediante cicloni e multicicloni
26. Abbattimento polveri mediante filtri a maniche
27. Controllo del rumore – Utilizzo di un materiale multi-strato fonoassorbente per i muri interni dell'impianto.

28. Controllo del rumore – Muri esterni costruiti con materiale amorfo ad alta densità.
29. Controllo del rumore – Riduzione dei livelli sonori all'interno dell'impianto.
30. Controllo del rumore – Piantumazione di alberi nell'area circostante all'impianto.
31. Controllo del rumore – Riduzione del numero di finestre o utilizzo di infissi maggiormente isolanti (vetri a maggiore spessore, doppi vetri etc..).
32. Controllo del rumore – Altri interventi.
33. Trattamenti di depurazione effluenti. Riduzione del carico di solidi e di colloidi al trattamento per mezzo di diverse tecniche. Prevenire la stagnazione di acqua, eliminare preventivamente i solidi sospesi attraverso l'uso di griglie, eliminare il grasso dall'acqua con appositi trattamenti meccanici, adoperare un flottatore, possibilmente con l'aggiunta di flocculanti, per l'ulteriore eliminazione dei solidi.
34. Trattamenti di depurazione effluenti liquidi. Riduzione dei consumi energetici per mezzo dell'utilizzo di una sezione di equalizzazione delle acque di scarico e del corretto dimensionamento dell'impianto di trattamento stesso
35. Scelta della materia grezza.
36. Valutazione e controllo dei rischi presentati dai prodotti chimici utilizzati nell'industria alimentare
37. Scelta di alternative valide nell'uso dei prodotti di disinfezione
38. Scelta di alternative valide nell'uso di prodotti chelanti al fine di ridurre l'utilizzo di EDTA.
39. Impiego di sistemi di lavaggio CIP
40. Traffico e movimentazione materiali
41. Gestione dei rifiuti – raccolta differenziata
42. Gestione dei rifiuti - riduzione dei rifiuti da imballaggio anche per mezzo del loro riutilizzo o del loro riciclo
43. Gestione dei rifiuti – accordi con i fornitori
44. Gestione dei rifiuti – riduzione volumetrica dei rifiuti assimilabili agli urbani (RSAU) destinati allo smaltimento e degli imballaggi avviati a riciclaggio
45. Gestione dei rifiuti – compattazione fanghi
46. Suolo e acque sotterranee – gestione dei serbatoi fuori terra
47. Suolo e acque sotterranee – gestione dei serbatoi interrati
48. Suolo e acque sotterranee – gestione delle tubazioni
49. Suolo e acque sotterranee – Adozione di solai impermeabili
50. Gestione delle sostanze pericolose – buone pratiche di gestione

H2. Derivati della carne

1. Controllo degli odori – Adozione di buone pratiche per lo stoccaggio.
2. Prima pulizia a secco degli impianti e applicazione alle caditoie sui pavimenti trappole amovibili per la separazione dei solidi nei locali adibiti a sezionamento, disossatura, pulitura, toelettatura.
3. Scongelamento ad aria o con docce ad intermittenza.
4. Lavaggio immediato delle superfici che sono venute a contatto con la carne
5. Controllo degli odori - Lavaggio frequente delle aree di stoccaggio dei materiali di scarto.
6. Dosaggio corretto della quantità di salamoie di siringatura.

H3. Conserve vegetali

1. Minimizzare le perdite di materia grezza vegetale nelle fasi di conferimento, scarico, stoccaggio e valutazione dell'idoneità.
2. Privilegiare i sistemi di pelatura a minor impatto ambientale.
3. Controllare l'efficacia dei sistemi di stoccaggio temporaneo e di confezionamento per evitare inutili perdite di prodotto.
4. Utilizzo di sistemi di raccolta meccanica al termine della lavorazione per evitare inutili perdite di prodotto.
5. Installare autoclavi di sterilizzazione con recupero di acqua calda e/o funzionanti a cestone rotante per ridurre i tempi di sterilizzazione e i consumi energetici.
6. Installare torri evaporative per l'acqua di raffreddamento degli impianti di trattamento termico di stabilizzazione.
7. Installare torri evaporative per l'acqua di raffreddamento degli impianti di abbattimento dei vapori di concentrazione.
8. Installare condensatori a superficie negli evaporatori.

H4. Industria delle materie grasse vegetali

1. Sistema di olio minerale per ridurre le emissioni di VOC dai processi di estrazione dell'olio vegetale
2. Recupero dell'esano dall'acqua di processo nell'estrazione di olio vegetale
3. Rimozione e recupero di acidi liberi grassi nella raffinazione di olio vegetale con metodo chimico
4. Rimozione e recupero di acidi grassi liberi nella raffinazione di olio vegetale con metodo fisico
5. Riduzione della produzione di rifiuti nella fase di degommaggio dell'olio vegetale utilizzando acido citrico invece di acido fosforico per la separazione dei fosfolipidi
6. Produzione di vuoto ($40<P<120$ mbar) per mezzo di pompe ad anello liquido nella raffinazione dell'olio
7. Utilizzo di un doppio stadio di lavaggio in combinazione con un condensatore a singolo passaggio.
8. Singolo scrubber con condensatore raffreddato da un ciclo frigo (condensazione a secco).

H5. Industria lattiero casearia

1. Riduzione dei consumi di energia - Sistemi di recupero di calore negli impianti continui di trattamento termico

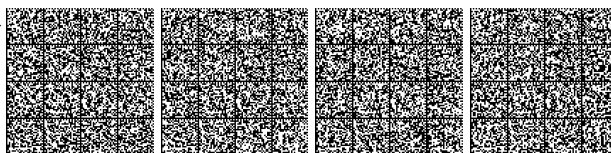
H5. Industria della produzione dei gelati

1. Riduzione dei consumi di energia - Sistemi di recupero di calore negli impianti continui di trattamento termico
2. Riduzione volumetrica degli scarti di lavorazione dei gelati

H6. Industria della raffinazione dello zucchero

1. Abbattimento ad umido delle polveri
2. Abbattimento ad umido dell'ammoniaca
3. Sistemi di abbattimento ad umido per il recupero di polveri di zucchero
4. Evaporazione a multiplo effetto
5. Ricompressione meccanica del vapore
6. Ricompressione termica del vapore
7. Evaporatore a flusso discendente
8. Utilizzo di cristallizzatori continui
9. Cristallizzatore MET
10. Riduzione del prelievo dall'esterno - Riciclo dell'Acqua per il trasporto bietole
11. Riduzione del prelievo dall'esterno - Riciclo dell'Acqua di spremitura delle polpe
12. Riduzione del carico inquinante – Tecniche agronomiche
13. Riduzione del carico inquinante – Riduzione tempo di stoccaggio della materia prima
14. Riduzione del carico inquinante – Macchine sterratrici
15. Riduzione della produzione di rifiuti - Macchine sterratrici

H7. Industria della birra

1. Recupero del calore dal vapore proveniente dal bollitore del mosto all'interno di una fabbrica di birra
2. Riutilizzo delle soluzioni utilizzate per il lavaggio delle bottiglie dopo sedimentazione e filtrazione
3. Ottimizzazione consumo idrico nel risciacquo delle bottiglie

I. ANALISI DELL'APPLICABILITÀ AD IMPIANTI ESISTENTI DELLE TECNICHE DI PREVENZIONE INTEGRATA DELL'INQUINAMENTO ELENCATE AL PUNTO PRECEDENTE, ANCHE CON RIFERIMENTO AI TEMPI DI ATTUAZIONE

Applicabilità delle tecniche ad impianti esistenti

In fase di valutazione dell'applicabilità di una tecnica ad una data situazione, alcuni elementi che possono essere tenuti in considerazione.

La dimensione dell'impianto

L'economia di scala non permette agli impianti più piccoli di ottenere, a parità di costo, le stesse prestazioni ambientali. Questo può rendere alcuni tecniche inaccessibili.

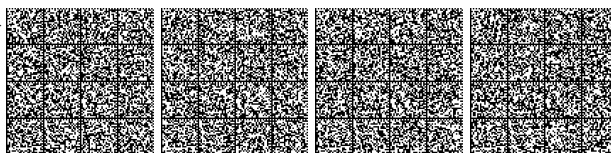
L'età dell'impianto

Tra i problemi che possono insorgere nell'applicazione delle MTD su impianti esistenti devono essere menzionati, poiché direttamente connessi con l'età dell'impianto, la disponibilità di spazio e la compatibilità tecnica con le caratteristiche progettuali e costruttive delle strutture preesistenti. In via generale è opportuno ricordare che le modifiche impiantistiche sugli impianti esistenti sono più costose e richiedono spesso di interrompere o rallentare la produzione.
L'applicazione di alcune MTD, di conseguenza, potrebbe risultare appropriata solo in occasione di rilevanti modifiche o nuove installazioni; gli impianti esistenti possono inoltre avere scarse disponibilità di spazi, che impediscono la piena adozione di alcune tecniche. Una valutazione appropriata può essere fatta solo a livello locale o di sito.

Le materie grezze impiegate

La scelta delle materie grezze influenza le prestazioni ambientali del processo produttivo in ogni aspetto, dalla produzione di rifiuti, al consumo energetico, alle emissioni in aria e acqua. Le scelte delle materie prime da parte degli operatori sono spesso legate a fattori esterni, quali la disponibilità, a livello locale, di materie prime, l'andamento dei prezzi e la qualità del prodotto finito desiderata. Il mercato delle materie prime, in particolare, impone ai produttori frequenti modifiche delle materie impiegate.

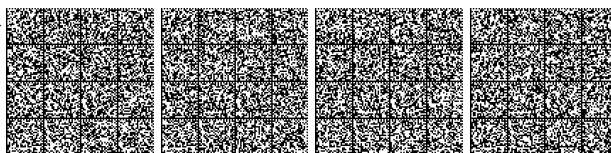
Il contesto locale

La necessità di considerare le caratteristiche dell'ambiente circostante può determinare scelte differenti nelle MTD a livello di singolo stabilimento.
La pianificazione degli interventi da realizzare dovrà tenere conto dell'impatto sulle diverse matrici ambientali
Ad esempio, l'utilizzo di circuiti di raffreddamento in ciclo chiuso o parzialmente chiuso comporta la necessità di installare torri di raffreddamento con i possibili effetti incrociati (impatto paesaggistico, consumi energetici, consumi di prodotti chimici per l'additivazione dell'acqua di raffreddamento).
L'entità delle portate in gioco per i circuiti di raffreddamento varia inoltre in funzione delle condizioni climatiche; ad esempio nei climi caldi i volumi di acqua di raffreddamento sono necessariamente superiori rispetto a quanto accade nei climi freddi. Infatti la maggiore temperatura ed umidità dell'aria da un lato richiedono dimensionamenti superiori in termini di portate d'acqua e di torri di raffreddamento mentre dall'altro rendono difficilmente realizzabile il raffreddamento per mezzo di scambiatori ad aria. Ciò ha naturalmente impatto anche sui consumi energetici.

Tali condizioni sono profondamente diverse da quelle che si riscontrano negli impianti produttivi collocati in climi freddi, dove è possibile effettuare raffreddamenti ad aria, con un ulteriore risparmio di risorse idriche.
E' necessario trovare il corretto punto di equilibrio, in funzione del contesto ambientale in cui opera l'impianto.

La chiusura dei cicli idrici

La chiusura dei cicli ha come scopo prioritario la riduzione, per quanto tecnicamente possibile, dell'utilizzo della risorsa acqua, salvaguardando dal punto di vista quantitativo il corpo idrico dal quale l'acqua viene prelevata. Tale obiettivo non può comunque prescindere dal rispetto degli obiettivi di qualità del corpo idrico recettore.
Quindi la valutazione del grado ottimale di chiusura del ciclo dovrà tenere conto, tra l'altro, delle due diverse esigenze ambientali: da un lato la riduzione delle portate di acqua prelevate e dall'altro i limiti di concentrazione da rispettare sui reflui scaricati.
Allo stesso modo, una chiusura spinta dei cicli deve essere valutata alla luce del potenziale impatto puntuale sul corpo recettore. A parità di carico inquinante riversato, infatti, la chiusura spinta dei cicli comporta uno scarico localmente più concentrato mentre una minore chiusura dei cicli comporta un maggior prelievo di risorsa ed uno scarico localmente meno concentrato. Nel caso di emungimento da falda il contenimento del prelievo assume particolare importanza, vista la superiore qualità della risorsa utilizzata. Diversamente, nel caso di prelievo da corpo superficiale, il vantaggio di contenere il prelievo potrebbe essere meno rilevante, contrapposto al vantaggio di avere uno scarico localizzato meno concentrato.
Nella valutazione del corretto grado di chiusura dei cicli si dovrà inoltre considerare anche il contesto locale in cui opera l'impianto.

La legislazione nazionale e regionale

L'applicabilità delle MTD è naturalmente vincolata a quanto disposto dalla legislazione nazionale e regionale. Questo vale non solo per quanto riguarda la legislazione di carattere ambientale, ma più in generale per l'intero ordinamento nazionale. E' il caso, ad esempio della normativa in materia di tutela della salute del consumatore che riveste carattere di priorità e non può essere subordinata ad altre considerazioni.

Criteri di monitoraggio

I programmi di monitoraggio dovranno controllare che le MTD elencate nel capitolo H ed eventualmente adottate siano gestite nella maniera più corretta, cioè in modo che il beneficio ambientale non venga a diminuire o a interrompersi nel tempo.

Il monitoraggio in fase di regime serve a valutare l'efficacia delle MTD applicate e la conformità degli scarichi alle prescrizioni autorizzative e sarà effettuato in base al programma concordato fra azienda ed autorità competente. Esso potrà essere ridotto ai soli parametri ritenuti rilevanti quali, ad esempio, quelli riportati nelle tabelle seguenti.

È importante osservare che la scelta del piano di monitoraggio è responsabilità del gestore che dovrà presentare una proposta in sede di istanza autorizzativa. Sarà poi compito dell'autorità la valutazione della proposta e, dopo le eventuali interlocuzioni con il gestore, l'approvazione del piano che dovrà essere allegato all'autorizzazione (essendone parte integrante) e rappresenterà un obbligo per le parti.

Indicazioni generali per la redazione del piano di monitoraggio

La redazione della proposta del piano di monitoraggio dipende da molte circostanze, anche collegate allo specifico impianto ed al sito in cui esso è collocato.

Le tabelle che seguono intendono fornire un indicazione di massima, al gestore ed all'autorità, su parametri minimi che, in generale nel caso dell'industria alimentare, sarebbe opportuno considerare per approntare un piano di monitoraggio efficace.

Per alcuni settori sono anche presenti informazioni più dettagliate, che si intendono aggiuntive rispetto alla tabella seguente e tengono conto delle particolarità del ciclo produttivo.

Comparto Ambientale	Aspetto Ambientale	Parametri	Frequenza
Aria	Emissioni in atmosfera	CO, SOx[1], NOx, Polveri, Ammoniaca[2]	Annuale[3]
Acqua	Risorsa idrica	Quantità (portata se necessario) di acqua utilizzata	Mensile - trimestrale
	Scarichi idrici	Quantità (portata se necessario) di reflui scaricati	Mensile - trimestrale
		COD, BOD_5[4], pH, TSS, NH_4^+, Nitrati, Nitriti, Fosforo totale	Settimanale – Quindicinale (mensile solo in situazioni particolari, quali lo scarico in fognatura pubblica)
		Altri parametri previsti nel D. Lgs. 152/99 (All. 5 tab. 3)	Annuale
Energia	Consumo Energia Elettrica	Energia Elettrica consumata	Mensile - trimestrale
	Consumo Energia Termica	Consumo combustibili	Mensile - trimestrale
Rifiuti	Rifiuti solidi e fanghi	Quantità totale in discarica e quantità totale a recupero	Mensile - trimestrale[5]
Rumore	Emissioni acustiche	LEQ dB/A, L 95 dB/A	Biennale

(1) In caso di utilizzo di impianti di combustione alimentati a combustibile liquido o solido.

(2) Per la produzione dello zucchero.

(3) Fatte salvi i casi in cui è richiesto per legge un monitoraggio più frequente o in continuo. La frequenza suggerita è pensata per un efficace controllo di schemi emissivi sostanzialmente costanti nel tempo, tipici dell'industria alimentare. In tal senso l'utilizzo di parametri di processo può utilmente rappresentare una forma di monitoraggio di detta stabilità. In caso di processi non stabili (o per i quali non è possibile monitorare la stabilità) deve essere considerata una frequenza superiore.

(4) Il BOD_5 può essere monitorato per via indiretta utilizzando un fattore di correlazione con il COD. E' consigliata la misurazione diretta in fase di avvio dell'impianto di depurazione od in caso di sostanziali variazioni del ciclo produttivo per verificare il suddetto rapporto COD/BOD_5 .

(5) Fatti salvi gli obblighi di legge.

K. DEFINIZIONE DEI CRITERI DI INDIVIDUAZIONE E UTILIZZAZIONE DELLE MIGLIORI TECNICHE DISPONIBILI

Considerazioni generali

Le informazioni contenute in questo documento sono da intendere come un riferimento per la determinazione delle MTD nei singoli casi specifici. Le tecniche che vengono presentate e i livelli di emissione e di consumi energetici e di materiali ad esse associati dovrebbero essere considerate come un'indicazione generale e una sorta di base tecnica da consultare nel momento del rilascio di un'Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA) basata sulle MTD.

La determinazione di appropriate condizioni da prescrivere nel rilascio dall'AIA dovrebbe tener conto, infatti, di fattori locali e specifici del sito, come le caratteristiche tecniche dell'insediamento produttivo interessato, la sua localizzazione geografica e le specifiche condizioni ambientali. Nel caso di impianti esistenti, inoltre, si dovrebbe prendere in considerazione la fattibilità tecnico/economica dell'introduzione di una tecnica indicata in questa guida come MTD, ricordando che essa è definita come tale solo in senso generale. Le tecniche e i livelli di performance ambientale indicati non sono perciò necessariamente da considerare appropriati per tutti i tipi di impianti, anche se possono essere ritenuti validi per un'ampia casistica.

L'elenco delle MTD riportate nel presente documento, così come nel BRef, non può essere considerato esaustivo. Nell'applicazione al caso concreto si dovrà quindi anche valutare la reale applicabilità delle tecniche, oltre alla possibilità di disporre di tecniche alternative parimenti efficaci. Pertanto l'individuazione delle MTD applicate ed applicabili in un singolo impianto deve necessariamente partire da una valutazione preliminare dell'impianto produttivo, che l'azienda dovrà svolgere e successivamente sottoporre all'amministrazione tramite la domanda di autorizzazione.

Tale valutazione, da parte dell'azienda, deve essere finalizzata alla illustrazione dei processi condotti nel sito produttivo e delle conseguenti prestazioni ambientali. In questa fase dovranno quindi essere individuate le differenti fasi produttive, le apparecchiature installate, le materie prime impiegate. Tutto ciò avrà infatti influenza sulle tecniche applicabili e sulle emissioni prodotte.

La fase successiva richiede la valutazione degli aspetti ambientali significativi sui quali concentrare l'attenzione, nell'ambito di un approccio integrato. In questo senso, è necessaria una valutazione dei flussi di materia ed energia in ingresso ed in uscita dallo stabilimento. Ulteriori valutazioni dei flussi, suddivise per singole fasi di lavorazione, possono rendersi utili o necessarie per utenze di particolare impatto, nel caso in cui su tali utenze sia possibile ottenere un miglioramento ambientale sensibile ed importante. Per l'identificazione dei parametri significativi ci si può riferire a quanto già disponibile in letteratura, verificandone la congruenza nel caso specifico.

A questo punto l'azienda sarà in grado di identificare le MTD, o altre tecniche alternative, già applicate nello stabilimento e valutare le eventuali possibilità di intervento, in particolare nei settori ambientali che dovessero essere emersi come più significativi nella valutazione precedente. Alla identificazione, da parte dell'azienda, di possibili tecniche integrative si deve associare la valutazione dell'applicabilità tecnica ed economica nella realtà specifica.

Criteri di individuazione ed utilizzo

Si richiama che per le MTD presentate e, per quanto possibile, per le emissioni ed i consumi ad esse associate, valgono le seguenti considerazioni.

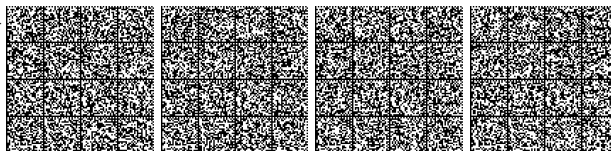
- Eventuali livelli di performance ambientale (emissioni e consumi), associati a MTD di settore, devono essere intesi come performance massime prevedibili applicando una determinata tecnologia; ma va valutato adeguatamente l'equilibrio costi/benefici e tenute sempre presenti le condizioni di riferimento (ad esempio i periodi per la valutazione dei valori medi). Essi non sono, e non devono essere, considerati alla stregua di valori limite di emissione o di consumo.
- Le MTD vanno considerate come riferimenti e orientamenti generali per valutare la performance di impianti esistenti o la proposta di nuove installazioni, in vista della definizione di condizioni di funzionamento o di vincolo appropriate.
- La definizione e l'adozione delle MTD richiede una precisa metodologia, in quanto esse sono influenzate da numerosi fattori di carattere locale che caratterizzano il sito, quali ad esempio la disponibilità di materie prime e la loro qualità, la compatibilità con sistemi di abbattimento efficaci e la possibilità di ridurre al massimo i consumi di acqua e la generazione di rifiuti.

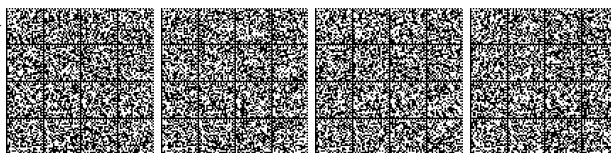
Il documento sottolinea inoltre la necessità, nell'adozione delle MTD, di attenersi ai seguenti principi:

- una volta adottata una tecnica classificabile come MTD, perché tale tecnica sia veramente tale è necessario che sia gestita nella maniera più corretta in modo che il beneficio ambientale non venga a diminuire o a interrompersi nel tempo;
- nell'ambito del ciclo produttivo il concetto di MTD va applicato a tutta la catena di gestione delle attività, onde evitare che il beneficio ambientale di una misura presa all'inizio venga ridotto da una gestione a bassa efficacia ambientale.

Come accennato, per determinare l'applicabilità di una tecnica è necessario verificare il contesto in cui opera l'azienda e la coerenza con i principi delle MTD, sulle quali si fonda la direttiva stessa.

A tale riguardo ricordiamo che nell'allegato IV della direttiva 96/61/CE e dello stesso d.lgs 372/99 si elencano le considerazioni da tenere presenti nella determinazione delle MTD, tenuto conto dei costi e dei benefici, così riassunti.

1. Impiego di tecniche a scarsa produzione di rifiuti.
2. Impiego di sostanze meno pericolose.
3. Sviluppo di tecniche per il ricupero e il riciclo delle sostanze emesse e usate nel processo, e, ove opportuno, dei rifiuti.
4. Processi, sistemi o metodi operativi comparabili, sperimentati con successo su scala industriale.
5. Progressi in campo tecnico e evoluzione delle conoscenze in campo scientifico.
6. Natura, effetti e volume delle emissioni in questione.
7. Date di messa in funzione degli impianti nuovi o esistenti.
8. Tempo necessario per utilizzare una migliore tecnica disponibile.
9. Consumo e natura delle materie prime ivi compresa l'acqua usata nel processo e efficienza energetica.

10. Necessità di prevenire o di ridurre al minimo l'impatto globale sull'ambiente delle emissioni e dei rischi.
11. Necessità di prevenire gli incidenti e di ridurne le conseguenze per l'ambiente;
12. Informazioni pubblicate dalla Commissione ai sensi dell'art. 16, paragrafo 2, o da organizzazioni internazionali (ad esempio il BRef e questa stessa linea guida).

Per ulteriori approfondimenti al riguardo si rimanda alle "*Linee Guida generali per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili, per le attività esistenti o comunque già autorizzate di cui all'allegato I del D. Lgs. 372/99*".

L. GLOSSARIO

L1 Definizioni

BIOGAS	Processo controllato di decomposizione e stabilizzazione di biomasse in fase liquida o semiliquida in condizioni prevalentemente anaerobiche atto alla produzione, recupero e sfruttamento della frazione carboniosa in forma di biogas.
COMPOSTAGGIO	processo controllato di decomposizione e stabilizzazione biologica in condizioni prevalentemente aerobiche, con produzione di calore. Il risultato finale del processo è rappresentato da un prodotto sanitizzato e stabilizzato ad alto contenuto di sostanza organica e, come tale, applicabile nei terreni agricoli con benefici agronomici.
SPANDIMENTO	Utilizzo dei fanghi, da trattamento biologico, in agricoltura.

L2 Abbreviazioni ed acronimi

AIA	Autorizzazione Integrata Ambientale
BAT	Best Available Techniques
BOD	Domanda Biochimica di Ossigeno; è la misura della quantità di ossigeno consumata dai processi biologici
BOD_5	Domanda Biochimica di Ossigeno; è la misura della quantità di ossigeno consumata dai processi biologici in 5 giorni
BRef	BAT Reference Document
COD	Domanda Chimica di Ossigeno
COV	Composti Organici Volatili
EMAS	Eco-Management and Audit Scheme
EPA	Environmental Protection Agency
EPER	European Pollutant Emission Register
INES	Inventario Nazionale delle Emissioni e loro Sorgenti
IPPC	Integrated Pollution Prevention and Control
MTD	Migliori Tecniche Disponibili
NACE	(National Classification of Economic Activities) La nomenclatura NACE è la classificazione standard europea delle attività economiche
SGA	Sistema di Gestione Ambientale
TWG	Gruppo tecnico di lavoro

L3 Unità di misura e fattori di conversione

Ai sensi del DPR 12/8/1982 n. 802, le unità di misura legali (salvo le eccezioni ammesse dall'art. 3, ad es., per la navigazione marittima ed aerea) sono quelle del Sistema Internazionale SI (Direttiva CEE n. 80/181, norma CNR-UNI 10003 del Febbraio 1984).
La Direttiva 80/81/CEE ha subito numerose modifiche. L'ultima versione è la Direttiva 1999/103/CE recepita ed attuata dal Decreto MICA del 29/1/2001 sul riavvicinamento delle

legislazioni degli Stati membri relative alle unità di misura. Il Decreto conferma l'obbligo di utilizzare le unità del Sistema Internazionale e proroga fino al 31/12/2009 l'impiego di indicazioni plurime per quelle unità di misura in uso nei paesi anglosassoni.
Di seguito si riportano le grandezze fondamentali e le grandezze derivate del Sistema Internazionale.

Grandezze fondamentali del Sistema Internazionale

Grandezza	**Nome Unità**	**Simbolo Unità**
Lunghezza	metro	m
Massa	chilogrammo	kg
Tempo	secondo	s
Intensità di corrente	ampere	A
Temperatura termodinamica	kelvin	K
Quantità di materia	mole	mol
Intensità luminosa	candela	cd

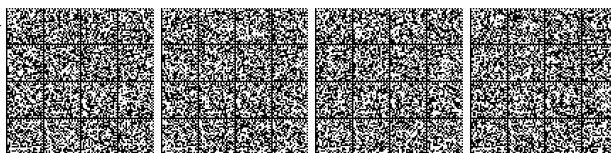
Grandezze derivate del Sistema Internazionale

Grandezza	**Nome Unità**	**Simbolo Unità**
Frequenza	hertz	Hz
Forza	newton	N
Pressione e Tensione	pascal	Pa
Energia, Lavoro, quantità di calore	joule	J
Potenza	watt	W
Tensione elettrica, potenziale elettrico, forza elettromotrice	mole	mol
Resistenza elettrica	ohm	
Flusso luminoso	lumen	lm
Illuminamento	lux	lx

Unità non Sistema Internazionale per alcune grandezze derivate

Grandezza	**Unità non S.I. ammesse**	**Simbolo**
Volume	litro	l
Volume	metri cubi	m^3
Massa	tonnellata	t
Massa	Lton (massa equivalente a 1000 litri di prodotto finito)	Lton
Pressione	bar	bar

Fattori di conversione di unità di misura di Energia e di Potenza.

Energia							
	kJ	GJ	kWh	kcal	kpm	Btu	TEP
1 kJ	1	$1\ 10^{-6}$	$2{,}778\ 10^{-4}$	$2{,}388\ 10^{-1}$	$1{,}020\ 10^{2}$	$9{,}480\ 10^{-1}$	$2{,}388\ 10^{-8}$
1 GJ	$1\ 10^{6}$	1	$2{,}778\ 10^{2}$	$2{,}388\ 10^{5}$	$1{,}020\ 10^{8}$	$9{,}480\ 10^{5}$	$2{,}388\ 10^{-2}$
1 kWh	$3{,}600\ 10^{3}$	$3{,}600\ 10^{-3}$	1	$8{,}598\ 10^{2}$	$3{,}671\ 10^{5}$	$3{,}413\ 10^{3}$	$8{,}598\ 10^{-5}$
1 kcal	4,187	$4{,}187\ 10^{-6}$	$1{,}163\ 10^{-3}$	1	$4{,}269\ 10^{2}$	3,968	$1\ 10^{-7}$
1 kpm	$9{,}807\ 10^{-3}$	$9{,}807\ 10^{-9}$	$2{,}721\ 10^{-6}$	$2{,}342\ 10^{-3}$	1	$9{,}297\ 10^{-3}$	$2{,}342\ 10^{-10}$
1 Btu	1,055	$1{,}055\ 10^{-6}$	$2{,}928\ 10^{-4}$	$2{,}520\ 10^{-1}$	$1{,}076\ 10^{2}$	1	$2{,}52\ 10^{-3}$
1 TEP	$4{,}187\ 10^{7}$	41,87	$1{,}163\ 10^{4}$	$1\ 10^{7}$	$4{,}269\ 10^{9}$	$3{,}968\ 10^{7}$	1

Potenza				
	kW	kcal/h	kpm/h	Btu/h
1 kW	1	$8{,}598\ 10^{2}$	$3{,}672\ 10^{5}$	$3{,}413\ 10^{3}$
1 kcal/h	$1{,}163\ 10^{-3}$	1	$4{,}269\ 10^{2}$	3,968
1 kpm/h	$2{,}724\ 10^{-6}$	$2{,}342\ 10^{-3}$	1	$9{,}279\ 10^{-3}$
1 Btu/h	$2{,}928\ 10^{-4}$	$2{,}52\ 10^{-1}$	$1{,}076\ 10^{2}$	1

L4 Fattori di emissione

I fattori riportati in tabella (fonte ENEA) indicano i valori medi stimati di emissioni prodotte per 1 GJ di energia termica sviluppata dalla combustione di gas naturale/olio combustibile. I valori si riferiscono alla produzione di energia termica del settore industriale.

Tali fattori possono essere utilizzati, dal lettore interessato, per eventuali stime di prima approssimazione delle emissioni associate all'utilizzo dei combustibili.

		Combustibili		
		Gas Naturale	Olio combustibile	
Emissioni				
CO_2		55,8	74,6	$kgCO_2/GJ$
SO_X			1,47	$kgSO_x/GJ$
NO_X (x)		0,1	0,14	$kgNO_x/GJ$
CO		0,02	0,01	kgCO/GJ
Particolato		0,0017	0,021	$kg_{partic.}/GJ$
(x) i valori di NOx comprendono tutti gli ossidi di azoto				

Relativamente alla produzione elettrica nazionale, si riportano i dati statistici medi più comuni di consumo specifico termoelettrico e di emissione specifica di CO_2 (Fonte ENEA-REA 2003) utilizzabili unicamente per la valutazione del consumo di energia primaria e della produzione di CO2 associabili all'acquisizione di energia elettrica dalla rete nazionale:

- consumo specifico di centrale termoelettrica (energia primaria consumata per kWh elettrico prodotto):

0,0092 GJ/kWh$_e$

- emissione di CO2 per kWh elettrico prodotto (valutata sulla produzione elettrica globale):

0,502 kgCO_2/kWh$_e$

E' importante ricordare che i due dati numerici sopra riportati non sono rappresentativi dei consumi e dell'emissioni dell'industria alimentare, per i quali si rimanda il lettore agli indicatori ambientali specificati per i singoli settori nel capitolo D.

09A01016

DECRETO 1° ottobre 2008.

Linee guida per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili in materia di impianti di combustione, per le attività elencate nell'allegato I del decreto legislativo 18 febbraio 2005, n. 59.

IL MINISTRO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE

DI CONCERTO CON

IL MINISTRO DELLO SVILUPPO ECONOMICO

E

IL MINISTRO DEL LAVORO, DELLA SALUTE E DELLE POLITICHE SOCIALI

Visto il decreto legislativo 18 febbraio 2005, n. 59, recante «Attuazione integrale della direttiva 96/61/CE relativa alla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento» e in particolare l'art. 4, comma 1 che prevede l'emanazione di linee guida per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili, nonché che l'autorizzazione integrata ambientale sia rilasciata, tra l'altro, nel rispetto delle linee guida medesime e l'art. 4, comma 2, che prevede che, fino all'istituzione di una nuova commissione integrata secondo le disposizioni dello stesso comma, operi la commissione istituita con decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio del 19 novembre 2002 (pubblicato nella *Gazzetta Ufficiale* della Repubblica italiana n. 302 del 27 dicembre 2002) ai sensi dell'art. 3, comma 2 del decreto legislativo n. 372/1999;

Acquisiti gli elaborati tecnici riportati in allegato al presente decreto, predisposti dalla commissione istituita con decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio del 19 novembre 2002 (pubblicato nella *Gazzetta Ufficiale* della Repubblica italiana n. 302 del 27 dicembre 2002) ai sensi dell'art. 3, comma 2 del decreto legislativo n. 372/1999;

Sentita la Conferenza unificata istituita ai sensi del decreto legislativo 25 agosto 1997, n. 281, nella seduta del 20 marzo 2008;

Decreta:

Art. 1.

Emanazione delle linee guida per l'individuazione e l'utilizzazione degli migliori tecniche disponibili

1. Ai sensi dell'art. 4, commi 1 e 2 del decreto legislativo 18 febbraio 2005, n. 59, sono emanate linee guida recanti i criteri specifici per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili, per gli impianti esistenti che esercitano le attività rientranti nelle categorie descritte ai seguenti punti dell'allegato I del medesimo decreto:

«1.1. Impianti di combustone con potenza termica di combustione di oltre 50 MW.».

Tali linee guida, che costituiscono parte integrante del presente decreto, sono riportate in allegato.

2. Per criteri di tipo generale e per la definizione dei sistemi di monitoraggio, relativamente alle categorie di attività citate al comma 1, le linee guida riportate in allegato sono da considerarsi unitamente alle linee guida generati e alle linee guida in materia di sistemi di monitoraggio già emanate per le attività rientranti nelle categorie descritte ai punti 1.3, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5 e 6.1 nell'allegato I del decreto legislativo 4 agosto 1999, n. 372, con decreto del 31 gennaio 2005, pubblicato nel supplemento ordinario n. 107 alla *Gazzetta Ufficiale* n. 135 del 13 giugno 2005.

Art. 2.

Entrata in vigore

1. Il presente decreto entra in vigore il giorno successivo alla pubblicazione nella *Gazzetta Ufficiale* della Repubblica italiana.

Il presente decreto sarà trasmesso agli organi di controllo per la registrazione e pubblicato nella *Gazzetta Ufficiale* della Repubblica italiana.

Roma, 1° ottobre 2008

Il Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare
PRESTIGIACOMO

Il Ministro dello sviluppo economico
SCAJOLA

Il Ministro del lavoro, della salute e delle politiche sociali
SACCONI

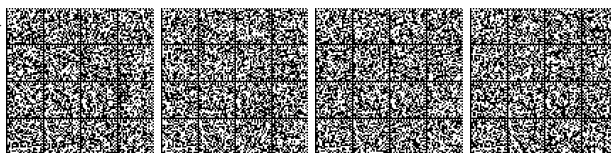
Registrato alla Corte dei conti il 27 novembre 2008

Ufficio controllo atti Ministeri delle infrastrutture ed assetto del territorio, registro. n. 9, foglio n. 225

ALLEGATO

Linee guida recanti i criteri per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili ex art. 3, comma 2 del decreto legislativo 372/99

Linee guida relative ad impianti esistenti per le attività rientranti nelle categorie IPPC:

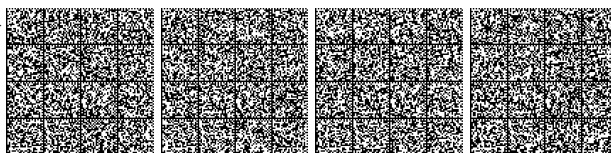
1.1. Impianti di combustione con potenza termica di combustione di oltre 50MW

GRANDI IMPIANTI DI COMBUSTIONE

LINEE GUIDA PER LE MIGLIORI TECNICHE DISPONIBILI

D.Lgs. 59/2005

GRUPPO TECNICO RISTRETTO

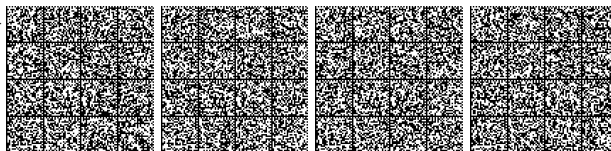
Livio de Santoli, coordinatore
Università di Roma "La Sapienza"

Marcello Capra
Ministero delle Attività Produttive
Pasquale De Stefanis
ENEA CR Casaccia
Luigi Napoli
Assoelettrica
Paolo Pittiglio
ISPESL
Lino Giovanni Ricci
ENEL Produzione
Vincent Spinelli
EDISON
Giuseppe Viviano
Istituto Superiore di Sanità

1 Scopi e obiettivi

1.1 Premessa

Con decreto del Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, di concerto con il Ministro delle Attività Produttive e con il Ministro della Salute, in data 15 aprile 2003, è stata istituita la Commissione Nazionale ex art. 3, comma 2, del decreto legislativo 372/99 (recepimento della direttiva 96/61/CE nota come IPPC), per la redazione delle linee guida per l'individuazione delle Migliori Tecniche Disponibili (MTD), ai fini del rilascio, da parte delle autorità competenti nazionale e regionali, dell'autorizzazione integrata ambientale (AIA).
La Commissione suddetta ha istituito, a sua volta, sedici gruppi tecnici ristretti (GTR), composti da rappresentanti dei Ministeri interessati e degli interessi industriali, ed ha incaricato i GTR di predisporre una proposta di linee guida in ciascuno dei settori ritenuti al momento prioritari.
Questo documento presenta la proposta del GTR "Grandi Impianti di Combustione"- Il gruppo di lavoro è composto da:

Prof. Ing.Livio de Santoli, dell'Università di Roma "La Sapienza", in qualità di coordinatore del GTR.
Ing. Marcello Capra del Ministero delle Attività Produttive, in qualità di componente del GTR.
Ing. Pasquale De Stefanis dell'ENEA CR Casaccia, in qualità di componente del GTR.
Ing. Luigi Napoli di Assoelettrica, in qualità di esperto del settore.
Ing. Paolo Pittiglio dell'ISPESL, in qualità di componente del GTR.
Ing. Lino Giovanni Ricci della ENEL Produzione, in qualità di componente del GTR
Ing. Vincent Spinelli della EDISON in qualità di componente del GTR
Dott. Giuseppe Viviano dell'Istituto Superiore di Sanità, in qualità di componente del GTR

Il documento predisposto dal GTR ha la valenza di strumento per l'approfondimento delle conoscenze tecnologiche nel settore, sia ad uso dell'industria che dovrà presentare domanda di autorizzazione integrata ambientale sia ad uso del funzionario dell'autorità competente che dovrà istruire il procedimento e rilasciare l'autorizzazione.
In quanto strumento di approfondimento delle conoscenze questo documento non contiene indicazioni su "limiti di emissione", essendo questi ultimi il risultato di un processo di valutazione che deve tenere in conto degli aspetti specifici dell'impianto che si autorizza e del sito su cui tale impianto opera. La proposta contiene invece un'elencazione di tecniche disponibili ritenute le migliori oggi utilizzabili dal punto di vista tecnico-economico e delle prestazioni ambientali che sono conseguibili.
Inoltre il documento non contiene indicazioni sulla documentazione che dovrà essere prodotta dal richiedente al fine della richiesta dell'autorizzazione, ritenendo che tale aspetto debba essere trattato in altra sede; questo documento contiene invece gli elementi di valutazione e controllo degli aspetti ambientali significativi e dei parametri operativi specifici del settore.
Il GTR ha inoltre discusso e concordato un'impostazione relativa all'analisi costi-benefici delle MTD che saranno valutate. In una visione del rapporto costi-benefici che include i costi ed i benefici sia per le industrie che per la collettività, il GTR ha ritenuto – come già indicato da altri GTR - che la fattibilità economica sia, per definizione, una valutazione che deve essere effettuata caso per caso da colui che ha la competenza per l'individuazione della specifica tecnica- Una fattibilità economica non può prescindere dalla realtà aziendale che viene trattata e dalla collocazione territoriale degli impianti (per la definizione dei costi ovvero dei benefici sociali e per la valutazione della presenza di infrastrutture sul territorio che consentono determinate scelte aziendali).
Poiché il prodotto richiesto al GTR è il complesso degli elementi per la definizione di una "linea guida", questo documento contiene solo alcune indicazioni propedeutiche all'effettuazione dell'analisi di fattibilità del tipo costi/benefici. Nel seguito del testo, infine, si farà ripetutamente cenno al documento comunitario noto come "BRef". Si tratta del documento di riferimento per l'identificazione delle migliori tecniche, edito dall'ufficio IPPC della UE sito in Siviglia.
L'Unione Europea, infatti, si è attrezzata per favorire l'attuazione della direttiva IPPC creando un apposito ufficio, operante presso il Centro comunitario di ricerca di Siviglia.
L'ufficio "IPPC" coordina una serie di gruppi tecnici che sono incaricati della redazione di documenti di riferimento per l'individuazione delle migliori tecnologie, Best Available Techiniques Reference documents (BRef.). L'Italia ha attivamente contribuito ai lavori dei gruppi tecnici, con il coordinamento del Ministero dell'Ambiente.
Per il settore dei Grandi Impianti di combustione è oggi disponibile il documento "Integrated Pollution Prevetion and Control (IPPC) "Reference Document on Best Available Techniques (BRef) for Large Combustion Plants" (luglio 2006) disponibile sul sito dell'ufficio IPPC di Siviglia all'indirizzo

http://eippcb.jrc.es. Anche in questo documento si farà uso dell'acronimo inglese BAT che in lingua inglese è utilizzato per indicare le Best Available Techiniques (MTD in italiano).

1.2 Struttura e organizzazione del Documento:

Il presente documento si articola in 10 capitoli, ed è così composto:

Capitolo 1: "Scopi e obiettivi"

Capitolo 2 "Ricognizione della situazione del settore con particolare riferimento alle specificità del tessuto industriale nazionale". In questo capitolo viene fornita una visione d'insieme dei grandi impianti di combustione in Italia, sono esposti oltre che i dati sulla produzione e la distribuzione territoriale dei maggiori impianti di combustione anche i dati macroeconomici del settore, nonché una visione di insieme delle emissioni inquinanti significative associate ai grandi impianti di combustione.

Capitolo 3 "Descrizione del processo di produzione, degli eventuali sottoprocessi e degli impianti per i quali sono analizzate le migliori tecniche disponibili" In questo capitolo si espongono le basi della tecnica di combustione e produzione degli impianti stessi, tale capitolo è stato ideato per fornire anche ad un lettore non addetto ai lavori una base conoscitiva della fondamenta delle tecniche di combustione e produzione; tale capitolo può altresì rappresentare per l'addetto ai lavori un sicuro e aggiornato riferimento dello stato dell'arte della materia.

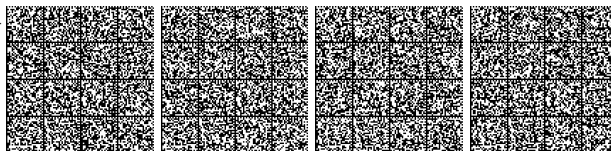
Capitolo 4 "Descrizioni delle analisi elaborate in ambito comunitario per la individuazione delle MTD, con particolare riferimento, ove disponibili, alle conclusioni del Bref Large Combustion Plants" Questa parte del documento espone e definisce le MTD per i grandi impianti di combustione, per fare ciò si è adottata una schematizzazione di impianto in riferimento al tipo di combustibile utilizzato, sono stati così trattati impianti alimentati a :

- Gas Naturale;
- Gas siderurgico e di Sintesi;
- Olio combustibile e Orimulsion;
- Carbone;
- Biomasse;
- Co-combustione;

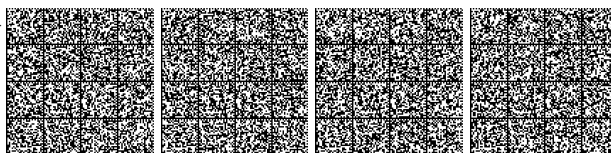
Ovviamente gli impianti esaminati sono stati riferiti alla realtà impiantistica italiana, così ad esempio per impianti alimentati a carbone si sono esclusi impianti alimentati con lignite o torba.
Per ognuna delle tipologie impiantistiche oltre ad indicare le MTD disponibili, sono stati riportati ove possibile esempi riferiti ad impianti preesistenti, in taluni casi si sono indicate anche le emissioni degli stessi, risulta allora doverosa una precisazione sulle efficienze e sulle emissioni riportate in alcune tipologie impiantistiche trattate; in particolare per impianti a carbone i valori di emissione rilevabili sono variabili in range ampli coerentemente alla molteciplità di fattori, per verità non solo tecnici, che influenzano gli stessi, per tale ragione riportare dei valori "medi" sarebbe stato limitante e fuorviante rispetto alla realtà degli stessi; si è quindi preferito indicare spesso dei range anche ampli, ma che fossero più vicini a ciò che si può riscontrare oggi in Italia.

Capitolo 5 "Tecnologie emergenti" In questo capitolo si sono indicate le tecnologie emergenti per alcuni dei combustibili visti in precedenza, come apparirà chiaro nello stesso capitolo il termine "emergente" va interpretato, poiché non sempre una tecnologia emergente è MTD, e non sempre tale tecnologia è applicabile; si e deciso quindi di riportare quelle tecnologie che ad oggi sembrano maggiormente promettenti.

Capitolo 6 "Definizione (sulla base dell'approfondimento e dell'estensione delle analisi svolte in sede comunitaria), della lista delle migliori tecniche per la prevenzione integrata dell'inquinamento dello specifico settore in Italia."
In questo capitolo sono riportate le tecniche (e le problematiche ad esse associate) per la riduzione degli inquinanti maggiormente significativi dei grandi impianti di combustione, in particolare sono riportate le misure primarie e secondarie di riduzione delle emissioni di SO2 e NOX, le tecniche di riduzione delle polveri e le tecniche combinate di riduzione degli ossidi di zolfo e degli ossidi di azoto.

Capitolo 7 "Analisi dell'applicabilità ad impianti esistenti delle tecniche di prevenzione integrata dell'inquinamento elencate al punto precedente, anche con riferimento ai tempi di eventuale attuazione" Anche per questa sezione si è adottata una suddivisione del lavoro in base al tipo di combustibile impiegato.

Capitolo 8 “Fattibilità economica delle tecniche elencate analizzata attraverso analisi costi-benefici” In questo capitolo oltre a definire le maggiori voci di costo dei grandi impianti di combustione, si è riportata una analisi di come la recente liberalizzazione del mercato dell’energia abbia influenzato i costi di generazione, a completamento si è fornita una delle possibili vie utilizzate per una analisi dei costi e dei benefici nota come “levelised cost methodology”, tale metodologia è stata inoltre corredata di un esempio riportando una sintesi dello studio AIE “Projected Costs of Generating Electricity”.

Capitolo 9 “Definizione dei criteri di individuazione e utilizzazione delle migliori tecniche disponibili”
In questo capitolo, fermo restando che nel determinare le migliori tecniche disponibili si deve tener conto e far riferimento alla definizione di MTD indicata nell’allegato IV del decreto legislativo n. 372 del 1999, vengono riportate alcune considerazioni di carattere generale per le autorità competenti al rilascio della autorizzazione IPPC.

Capitolo 10 “Glossario” con la definizione dei termini più significativi sul tema dei Grandi Impianti di Combustione.

2 Ricognizione della situazione del settore, con particolare riferimento alle specificità del tessuto industriale nazionale

2.1 Dati sulla produzione

Il settore industriale di riferimento è principalmente il settore elettrico e, in particolare, il settore della generazione elettrica. Dai dati pubblicati dal GRTN risulta nel 2004 una richiesta di energia elettrica sulla rete pari a 325,4 TWh con un incremento dell'1,5% rispetto al 2003. La richiesta ha trovato copertura per 303,3 TWh, nella produzione nazionale lorda che ha fatto registrare un incremento del 3,2%, rispetto al 2001. A tale incremento ha contribuito in misura determinante l'aumento (+12,7%) della produzione idroelettrica che ha raggiunto i 49,9 TWh, a fronte dei 44,3 TWh del 2003, dovuto al favorevole andamento delle precipitazioni, e un aumento, più contenuto in termini percentuali (+1,4%) ma ugualmente rilevante in valore assoluto della produzione termoelettrica che ha raggiunto i 246,1 TWh.

La produzione eolica, fotovoltaica e geotermica è risultata pari a 7,3 TWh (6,8 TWh nel 2003).

Il saldo import-export, pari a 45,6 TWh, è sensibilmente diminuito (quasi del 10%) rispetto al 2003, in conseguenza di una più cautelativa modalità di utilizzo della capacità di interconnessione.

Nella Tabella 1 è riportata la produzione e la richiesta di energia elettrica in Italia negli ultimi venti anni. Nelle tabelle 2 e 3 sono riportate, per gli anni 2003 e 2004, distinte tra produttori e autoproduttori (soggetti che consumano almeno il 70% dell'energia elettrica autoprodotta), rispettivamente la produzione elettrica totale e quella termoelettrica disaggregate per tipologia d'impianto e per regione.

Tabella 1
Produzione e richiesta di energia elettrica in Italia – GWh (Fonte GRTN)

	Produzione lorda						Energia destinata a:		Saldo scambi con l'estero	Energia elettrica richiesta	Variazione della richiesta rispetto anno precedente
	Idro-elettrica	Termoelettrica tradizionale	Geotermo-elettrica	Nucleotermo-elettrico	Eolico fotovoltaico	Totale	Servizi ausiliari	Pompaggi			
1985	44.595	131.440	2.681	7.024		185.740	9.486	4.950	+23.669	194.973	+2,6%
1986	44.531	136.281	2.760	8.758		192.330	9.724	4.786	+22.114	199.934	+2,5%
1987	42.585	155.627	2.986	174		201.372	10.476	4.216	+23.146	209.826	+5,0%
1988	43.547	156.932	3.082	–		203.561	10.385	3.902	+31.256	220.530	+5,1%
1989	37.484	170.111	3.155	–		210.750	11.046	4.714	+33.729	228.719	+3,7%
1990	35.079	178.590	3.222	–	..	216.891	11.640	4.782	+34.655	235.124	+2,8%
1991	45.606	173.253	3.182	–	..	222.041	11.577	4.577	+35.082	240.969	+2,5%
1992	45.786	176.995	3.459	–	3	226.243	11.810	4.946	+35.300	244.787	+1,6%
1993	44.482	174.634	3.667	–	5	222.788	11.431	4.189	+39.432	246.600	+0,7%
1994	47.731	180.648	3.417	–	8	231.804	11.642	4.150	+37.599	253.611	+2,8%
1995	41.907	196.123	3.436	–	14	241.480	12.272	5.626	+37.427	261.009	+2,9%
1996	47.072	193.551	3.762	–	39	244.424	12.058	6.882	+37.389	262.873	+0,7%
1997	46.552	200.881	3.905	–	124	251.462	12.174	6.728	+38.832	271.392	+3,2%
1998	47.365	207.970	4.214	–	237	259.786	12.843	8.358	+40.732	279.317	+2,9%
1999	51.777	209.068	4.403	–	409	265.657	12.920	8.903	+42.010	285.844	+2,3%
2000	50.900	220.455	4.705	–	569	276.629	13.336	9.129	+44.347	298.511	+4,4%
2001	53.926	219.379	4.507	–	1.183	278.995	13.029	9.511	+48.377	304.832	+2,1%
2002	47.262	231.069	4.662	–	1.408	284.401	13.618	10.654	+50.597	310.726	+1,9%
2003	44.278	242.783	5.341	–	1.463	293.865	13.682	10.492	+50.967	320.658	+3,2%
2004	49.908	246.125	5.437	–	1.851	303.321	13.299	10.300	+45.635	325.357	+ 1,5

Tabella 2

Produzione di energia elettrica in Italia nel 2004 - Fonte GRTN

GWh	Piemonte	Valle d'Aosta	Lombardia	Trentino Alto Adige	Veneto	Friuli Venezia G.	Liguria	Emilia Romagna	Toscana	Umbria	Marche	Lazio	Abruzzi	Molise	Campania	Puglia	Basilicata	Calabria	Sicilia	Sardegna	Italia
Produzione netta																					
Idrica	**7.698,3**	**2.809,8**	**11.697,6**	**8.629,2**	**3.649,3**	**1.680,8**	**235,8**	**1.342,3**	**700,4**	**1.617,7**	**581,8**	**1.236,6**	**2.089,2**	**226,0**	**2.066,3**	**0,0**	**309,8**	**1.297,3**	**825,2**	**590,4**	**49.283,7**
Produttori	7.437,6	2.809,8	11.302,4	8.585,8	3.575,7	1.590,5	219,1	1.336,9	694,3	1.617,0	559,5	1.235,0	2.024,4	226,0	2.066,3	0,0	309,8	1.297,3	825,2	590,4	48.303,1
Autoproduttori	260,7	0,0	395,2	43,4	73,6	90,4	16,7	5,4	6,2	0,6	22,3	1,6	64,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	980,6
Termica tradizionale	**10.148,4**	**3,4**	**39.620,1**	**564,4**	**21.569,2**	**6.010,6**	**12.449,2**	**24.363,4**	**12.550,3**	**4.410,6**	**3.560,4**	**20.678,0**	**2.843,8**	**1.067,2**	**2.740,5**	**28.247,2**	**1.119,3**	**5.436,2**	**23.642,8**	**12.738,7**	**233.763,8**
Produttori	7.612,7	3,4	37.357,1	216,1	20.231,1	4.900,1	12.257,9	23.116,4	11.303,3	4.385,5	3.366,0	20.098,6	2.232,4	1.045,3	2.632,4	28.105,5	756,2	5.364,1	20.353,1	11.252,6	216.590,0
Autoproduttori	2.535,7	0,0	2.263,1	348,3	1.338,1	1.110,5	191,3	1.247,0	1.246,9	25,1	194,4	579,3	611,5	21,9	108,1	141,6	363,1	72,1	3.289,6	1.486,1	17.173,8
Geotermica - Prod.	-	-	-	-	-	-	-	-	**5.127,2**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**5.127,2**
Eolica - Prod.	-	-	-	-	-	-	**4,1**	**3,7**	**4,3**	**3,6**	-	**1,9**	**176,2**	**60,2**	**519,8**	**544,9**	**157,0**	**0,0**	**150,6**	**217,7**	**1.843,9**
Fotovoltaica - Prod.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**0,4**	-	**2,5**	**0,5**	-	-	**0,0**	**0,6**	**4,0**
Produzione netta totale	**17.846,7**	**2.813,2**	**51.317,7**	**9.193,6**	**25.218,5**	**7.691,4**	**12.689,1**	**25.709,5**	**18.382,1**	**6.031,9**	**4.142,3**	**21.916,4**	**5.109,6**	**1.353,4**	**5.329,0**	**28.792,6**	**1.586,1**	**6.733,5**	**24.618,6**	**13.547,4**	**290.022,6**
Produttori	15.050,3	2.813,2	48.659,4	8.801,9	23.806,9	6.490,5	12.478,5	24.457,1	17.129,1	6.006,2	3.925,5	21.335,5	4.433,3	1.331,5	5.220,9	28.651,0	1.223,0	6.661,4	21.329,0	12.061,3	271.865,5
Autoproduttori	2.796,3	0,0	2.658,3	391,7	1.411,6	1.200,9	210,7	1.252,4	1.253,1	25,7	216,7	580,9	676,2	21,9	108,1	141,6	363,1	72,1	3.289,6	1.486,1	18.157,1
Destinata ai pompaggi	**2.142,8**	-	**3.765,3**	**164,3**	**30,0**	**20,1**	-	**446,0**	**0,0**	-	**0,6**	**0,1**	**381,1**	**0,0**	**2.000,8**	-	-	-	**956,9**	**392,0**	**10.300,3**
Produttori	2.142,8	-	3.765,3	164,3	30,0	20,1	-	446,0	0,0	-	0,6	0,1	381,1	0,0	2.000,8	-	-	-	956,9	392,0	10.300,3
Autoproduttori	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Produzione destinata al consumo	**15.703,8**	**2.813,2**	**47.552,4**	**9.029,3**	**25.188,6**	**7.671,3**	**12.689,1**	**25.263,4**	**18.382,1**	**6.031,9**	**4.141,6**	**21.916,3**	**4.728,4**	**1.353,4**	**3.328,1**	**28.792,6**	**1.586,1**	**6.733,5**	**23.661,7**	**13.155,4**	**279.722,4**
Produttori	12.907,5	2.813,2	44.894,1	8.637,6	23.776,9	6.470,5	12.478,5	24.011,0	17.129,1	6.006,2	3.924,9	21.335,4	4.052,2	1.331,5	3.220,1	28.651,0	1.223,0	6.661,4	20.372,0	11.669,2	261.565,3
Autoproduttori	2.796,3	0,0	2.658,3	391,7	1.411,6	1.200,9	210,7	1.252,4	1.253,1	25,7	216,7	580,9	676,2	21,9	108,1	141,6	363,1	72,1	3.289,6	1.486,1	18.157,1
Saldo Regionale	**-6.287,3**	**-3.837,2**	**3.286,7**	**-2.572,2**	**4.366,1**	**-3.644,1**	**-6.018,7**	**2.497,4**	**3.338,1**	**-56,7**	**3.942,0**	**1.709,2**	**2.363,0**	**256,8**	**14.477,0**	**-11.727,1**	**1.498,9**	**-579,0**	**-2.679,0**	**-333,9**	**-0,0**
Saldo Estero	**18.616,9**	**2.155,3**	**15.757,5**	-	**1.626,4**	**6.159,8**	**436,5**	-	-	-	-	-	-	-	-	**1.222,7**	-	-	-	**-340,2**	**45.634,9**
Energia elettrica richiesta	**28.033,4**	**1.131,3**	**66.596,6**	**6.457,1**	**31.181,1**	**10.187,0**	**7.106,9**	**27.760,8**	**21.720,2**	**5.975,2**	**8.083,6**	**23.625,5**	**7.091,4**	**1.610,2**	**17.805,1**	**18.288,2**	**3.085,0**	**6.154,5**	**20.982,7**	**12.481,3**	**325.357,3**

Tabella 3

Produzione di energia termoelettrica in Italia

	Lorda					
	Produttori		Autoproduttori		Totale	
GWh	2003	2004	2003	2004	2003	2004
Piemonte	7.571,5	7.918,1	2.288,7	2.609,4	9.860,2	10.527,5
Valle d'Aosta	4,2	3,6	0,0	0,0	4,2	3,6
Lombardia	25.861,0	38.944,4	2.685,0	2.355,1	28.546,0	41.299,5
Trentino Alto Adige	266,0	220,9	281,6	364,1	547,5	585,0
Veneto	23.411,5	21.350,6	1.375,7	1.411,4	24.787,2	22.762,0
Friuli Venezia Giulia	6.437,6	5.227,2	1.187,4	1.163,5	7.625,0	6.390,7
Liguria	13.390,5	13.184,5	194,6	203,2	13.585,1	13.387,8
Emilia Romagna	21.725,8	23.833,0	1.319,9	1.310,2	23.045,7	25.143,2
Italia settentrionale	**98.668,1**	**110.682,2**	**9.332,8**	**9.416,9**	**108.000,9**	**120.099,1**
Toscana	17.708,4	17.296,4	1.416,7	1.284,3	19.125,1	18.580,7
di cui geotermica	5.340,5	5.437,3	0,0	0,0	5.340,5	5.437,3
Umbria	3.374,8	4.612,4	27,5	27,6	3.402,3	4.640,0
Marche	2.629,9	3.385,2	155,6	201,7	2.785,4	3.587,0
Lazio	29.361,5	21.096,9	520,7	600,6	29.882,2	21.697,5
di cui geotermica	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Italia centrale	**53.074,6**	**46.390,9**	**2.120,5**	**2.114,2**	**55.195,1**	**48.505,1**
Abruzzi	2.275,5	2.288,2	691,1	627,9	2.966,6	2.916,0
Molise	1.051,9	1.093,7	22,7	23,5	1.074,6	1.117,3
Campania	2.812,5	2.771,2	211,8	112,8	3.024,3	2.884,0
Puglia	30.233,3	30.280,6	153,3	145,0	30.386,6	30.425,7
Basilicata	827,6	787,0	262,8	387,2	1.090,4	1.174,2
Calabria	8.095,1	5.752,5	53,4	74,4	8.148,4	5.826,9
Sicilia	20.891,9	21.332,0	3.938,3	3.521,1	24.830,2	24.853,1
Sardegna	11.761,5	12.140,3	1.646,1	1.620,9	13.407,6	13.761,2
Italia meridionale e insulare	**77.949,4**	**76.445,5**	**6.979,4**	**6.512,8**	**84.928,8**	**82.958,3**
ITALIA	**229.692,1**	**233.518,6**	**18.432,7**	**18.044,0**	**248.124,8**	**251.562,6**

Con riferimento alla produzione termoelettrica, inclusa quella geotermoelettrica, riportata nella Tabella 3, i dati evidenziano una forte concentrazione della produzione in alcune regioni: Lombardia, Veneto, Liguria e Emilia Romagna nell'Italia Settentrionale, Lazio e Toscana, nell'Italia Centrale, Puglia, Sicilia e Sardegna nell'Italia meridionale e insulare.

2.2 Indicazione della distribuzione territoriale degli impianti

In base ai dati pubblicati dal GRTN, riportati in tabella 4, al 2004 risultava installata in Italia una potenza efficiente lorda pari a circa 62.212 MW. La ripartizione territoriale, in termini di potenza efficiente lorda, riportata in

Figura **1**, evidenzia, una concentrazione coerente con i dati relativi alla produzione. In particolare la Lombardia e, in misura minore, il Veneto, l'Emilia Romagna e la Liguria e sono le Regioni del Nord con maggiore capacità produttiva. Nel Centro Italia il Lazio è di gran lunga la regione che dispone di maggiore potenza di generazione, seguita dalla Toscana, mentre risultano decisamente inferiori gli apporti da parte delle altre Regioni. Nell'Italia meridionale e insulare, Puglia, Sicilia e Sardegna sono le regioni che dispongono di potenza in misura significativa.

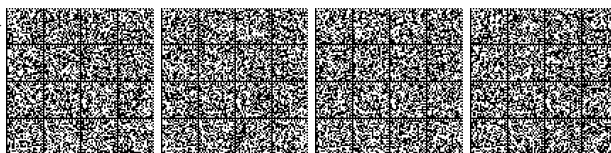



Tabella 4
Situazione impianti termoelettrici in Italia

	Centrali	Sezioni	Potenza efficiente	
			Lorda	Netta
	n.	n.	kW	kW
Situazione al 31/12/2003	**974**	**1.922**	**59.121.398**	**56.711.686**
Impianti entrati in statistica nel 2003	**58**	**122**	**3.897.379**	**3.709.908**
Basilicata	1	3	30.000	29.700
Campania	2	5	7.089	6.889
Emilia Romagna	1	5	873.610	855.145
Friuli Venezia Giulia	4	5	62.825	61.889
Lazio	2	7	787.082	777.657
Liguria	1	3	2.038	1.939
Lombardia	11	23	1.103.012	1.080.445
Marche		2	14.880	13.850
Piemonte	10	19	406.195	399.448
Puglia	6	9	50.316	48.538
Sardegna	1	1	135	125
Sicilia		4	508.198	383.104
Toscana	5	9	20.592	20.107
Trentino Alto Adige	2	2	1.123	1.090
Umbria	1	3	960	957
Veneto	11	22	29.324	29.025
Impianti modificati o dismessi nel 2004	**-33**	**-102**	**-806.309**	**-789.163**
Situazione al 31/12/2004	**999**	**1.942**	**62.212.468**	**59.632.431**

Fonte GRTN

Un'analisi focalizzata sui grandi impianti di combustione (Tabella 5), ossia sugli impianti termoelettrici con potenza termica maggiore di 50 MW, conferma sia in termini di localizzazione degli impianti sia in termini di produzione la distribuzione territoriale già evidenziata per la totalità degli impianti termoelettrici. Nel 2004, la produzione lorda afferente ai grandi impianti di combustione ha rappresentato il 94% circa del totale della produzione termoelettrica e il 78 % circa del totale della produzione nazionale.

Nel 2004 la produzione lorda da gas naturale, pari a circa 129,8 TWh, ha costituito circa il 52,9% del totale della produzione termoelettrica, mentre la produzione da prodotti petroliferi, pari a circa 47,3 TWh, circa il 19,3%, in forte diminuzione rispetto agli ultimi anni. Molto prossimo a quello dei prodotti petroliferi è l'apporto dato dal carbone da cui sono stati prodotti circa 45,5 TWh, corrispondenti al 18,6% circa della produzione termoelettrica complessiva. Dai dati riportati in tabella si evince che il rendimento medio del parco termoelettrico, riferito alla produzione netta, è risultato, nel 2004, pari al 40,5%. In relazione al tipo di combustibile utilizzato si passa dal 33,7% fatto registrare dagli impianti utilizzanti combustibili solidi (carbone) al 45,3% degli impianti a gas naturale. Intorno al 40% è il rendimento degli impianti classificati come alimentati ad altri combustibili solidi, che comprendono principalmente i tre impianti IGCC di gassificazione del TAR, con tecnologia Texaco, installati in Italia.

Figura 1

Tabella 5
Potenza e produzione gruppi termoelettrici maggiori di 50 MWt - anno 2004

Regione	Numero Impianti	Numero Gruppi	Potenza efficiente lorda MW	Produzione lorda GWh
PIEMONTE	22	34	3.052	9.370
LOMBARDIA	32	63	10.355	39.372
TRENTINO ALTO ADIGE	2	2	26	189
VENETO	14	27	5.314	21.569
FRIULI VENEZIA GIULIA	6	13	1.389	6.054
LIGURIA	5	13	2.959	13.036
EMILIA ROMAGNA	18	34	4.958	23.668
TOSCANA	19	29	3.010	12.289
UMBRIA	5	8	854	4.569
MARCHE	4	7	553	3.438
LAZIO	13	24	7.757	21.076
ABRUZZI	7	7	428	2.751
MOLISE	5	7	459	911
CAMPANIA	6	14	1.333	2.665
PUGLIA	12	31	5.580	29.590
BASILICATA	5	11	274	1.121
CALABRIA	6	10	1.975	5.745
SICILIA	13	38	5.227	24.527
SARDEGNA	14	27	3.029	13.556
Totale ITALIA	**208**	**399**	**58.532**	**235.499**

Fonte GRTN

Tabella 6
Produzione di energia termoelettrica in Italia e relativi consumi globali e specifici di combustibile

	Produzione di energia elettrica		Consumi di combustibili				
			Globali			Specifici medi riferiti alla produzione	
	lorda GWh	netta GWh	in unità metriche		migliaia di tep	lorda kcal/kWh	netta kcal/kWh
	2004						
solidi	45.518,4	41.497,5	17.031	migliaia di t	10.584	2.325	2.551
gas naturale	129.772,1	125.403,2	28.768	milioni di m^3	23.803	1.834	1.898
gas derivati	5.382,0	5.193,3	10.640	milioni di m^3	1.146	2.129	2.207
prodotti petroliferi	47.252,7	44.115,2	10.522	migliaia di t	10.313	2.183	2.338
altri combustibili(solidi)	15.997,3	15.448,2	15.031	migliaia di t	3.317	2.074	2.147
altri combustibili(gassosi)	1.253,2	1.202,0	955	milioni di m^3	309	2.467	2.572
totale	**245.175,7**	**232.859,5**			**49.473**	**2.018**	**2.125**
vapore endogeno	5.437,3	5.127,2					
altre fonti di energia	949,6	904,3					
TOTALE	**251.562,6**	**238.891,0**					

Fonte GRTN

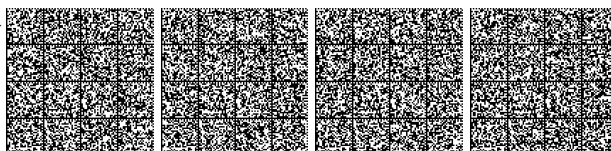
Di particolare rilievo, ai fini di una caratterizzazione del parco di generazione termoelettrico, sono i dati della Tabella 10 che riportano per tipologia impiantistica e per combustibile i valori della produzione lorda e di consumo specifico alla stessa riferiti. I dati evidenziano come, per gli impianti di sola produzione di energia elettrica, siano in esercizio centrali a ciclo combinato il cui rendimento

lordo sfiora il 55%, la cui produzione, pari a 41,6 TWh, risulta poco meno di un terzo del totale della produzione da gas naturale. Considerando anche l'apporto degli impianti a ciclo combinato in cogenerazione, la cui produzione è risultata pari a 45,2 TWh, con un rendimento elettrico medio del 45%, la produzione elettrica da questa tipologia impiantistica caratterizzata da elevati rendimenti, rappresenta oltre il 35% del totale della produzione termoelettrica. I prodotti petroliferi (rientrano in questo ambito l'olio combustibile, i distillati leggeri, il gasolio) sono principalmente utilizzati in centrali con ciclo a vapore a condensazione per sola produzione di energia elettrica la cui produzione è risultata pari a 35,7 TWh, con un rendimento medio del 38,1%, ormai inferiore a quello medio dell'intero parco.

Tabella 7
Produzione lorda di energia termoelettrica tradizionale in Italia e relativi consumi specifici medi nel 2004 secondo tipo di combustibile e tipo di impianto (fonte GRTN)

	Produzione lorda						
		Gas	Gas	Prodotti	Altri combustibili		
	Solidi	naturale	derivati	petroliferi	solidi	gassosi	Totale
GWh							
A) impianti con sola produzione di energia elettrica							
a combustione interna (CI)	-	250,3	25	266,3	27,2	998,3	1.567,3
a turbine a gas (TG)	-	2.245,2	-	68,5	-	49,3	2.363,1
a vapore a condensazione (C)	44.987,4	13.502,4	1.492,8	35.676,3	1.765,2	-	97.424,0
a ciclo combinato (CC)	-	41.574,6	-	1,4	12,7	-	41.588,7
ripotenziato(RP)	-	16.640,8	-	2.462,7	-	-	19.103,5
Totale A	**44.987,4**	**74.213,3**	**1.518,0**	**38.475,2**	**1.805,1**	**1.047,7**	**162.046,6**
B) impianti con produzione combinata di energia elettrica e calore							
a combustione interna (CIC)	-	1.516,7	163,5	103,7	51	84,3	1.919,0
a turbine a gas (TGC)	-	4.877,1	-	510,1	-	0,0	5.387,2
a ciclo combinato (CCC)	-	45.177,6	3.484,2	1.903,7	10.721,7	1	61.287,8
a vapore a contropressione (CPC)	531,0	2.212,7	21,0	1.490,8	1.132,4	25,8	5.413,7
a vapore a condensazione con spillamento (CSC)	-	1.774,8	195,3	4.769,3	2.287,3	94,8	9.121,5
Totale B	**531,0**	**55.558,9**	**3.864,0**	**8.777,5**	**14.192,2**	**205,5**	**83.129,1**
Totale impianti (A+B)	**45.518,4**	**129.772,1**	**5.382,0**	**47.252,7**	**15.997,3**	**1.253,2**	**245.175,7**

	Consumi specifici medi						
		Gas	Gas	Prodotti	Altri combustibili		
	Solidi	naturale	derivati	petroliferi	solidi	gassosi	Totale
Kcal / KWh							
A) impianti con sola produzione di energia elettrica							
a combustione interna (CI)	-	2.387	2.276	2.335	9.958	2.550	2.612
a turbine a gas (TG)	-	2.363	-	3.537	-	3.308	2.417
a vapore a condensazione (C)	2.336	1.986	2.500	2.257	4.502	-	2.300
a ciclo combinato (CC)	-	1.578	-	1.804	3.556	-	1.579
ripotenziato(RP)	-	1.994	-	2.214	-	-	2.022
Totale A	**2.336**	**1.772**	**2.497**	**2.257**	**4.577**	**2.586**	**2.087**
B) impianti con produzione combinata di energia elettrica e calore							
a combustione interna (CIC)	-	1.420	1.271	1.801	1.500	2.073	1.459
a turbine a gas (TGC)	-	1.477	-	1.538	-	-	1.483
a ciclo combinato (CCC)	-	2.012	1.960	1.817	1.488	3.039	1.911
a vapore a contropressione (CPC)	1.431	1.186	980	1.150	2.284	1.724	1.432
a vapore a condensazione con spillamento (CSC)	-	2.057	3.137	2.125	2.753	1.700	2.287
Totale B	**1.431**	**1.918**	**1.985**	**1.855**	**1.755**	**1.860**	**1.883**
Totale impianti (A+B)	**2.325**	**1.834**	**2.129**	**2.183**	**2.074**	**2.467**	**2.018**

Di rilievo è l'apporto dato dagli impianti di cogenerazione, in totale oltre 83 TWh, pari a oltre il 33% della produzione termoelettrica. In particolare tali impianti utilizzano, oltre a gas naturale, a cui fa capo una produzione di 55,6 TWh circa, per la restante parte altri combustibili quali gas da gassificazione del TAR, gas di raffineria, gas da processi siderurgici. Per gli impianti di cogenerazione i consumi specifici medi per la produzione di energia elettrica riportati in tabella 7, già nettati della quota

attribuita alla produzione di calore, risultano significativamente più contenuti rispetto a quelli degli impianti di sola generazione.

Tabella 8
Produzione lorda e consumi specifici medi gruppi termoelettrici maggiori di 50 MWt – Anno 2004 (fonte GRTN)

	Produzione lorda					
	Solidi	Gas naturale	Gas derivati	Prodotti petroliferi	Altri combustibili	Totale
GWh						
A) impianti con sola produzione di energia elettrica						
a combustione interna (CI)	-	115	-	-	10	124
a turbine a gas (TG)	-	2.194	-	69	-	2.262
a vapore a condensazione (C)	44.987	13.497	1.473	35.670	1.137	96.764
a ciclo combinato (CC)	-	41.573	-	1	-	41.575
ripotenziato(RP)	-	16.641	-	2.463	-	19.103
Totale A	**44.987**	**74.020**	**1.473**	**38.202**	**1.147**	**159.829**
B) impianti con produzione combinata di energia elettrica e calore						
a combustione interna (CIC)	-	212	-	1	-	213
a turbine a gas (TGC)	-	2.191	-	510	-	2.701
a ciclo combinato (CCC)	-	44.782	3.484	1.655	10.716	60.637
a vapore a contropressione (CPC)	519	997	21	1.264	1.078	3.880
a vapore a condensazione con spillamento (CSC)	-	1.430	195	4.733	1.880	8.238
Totale B	**519**	**49.612**	**3.700**	**8.164**	**13.674**	**75.670**
Totale impianti (A+B)	**45.507**	**123.632**	**5.173**	**46.366**	**14.821**	**235.499**

	Consumi specifici medi					
	Solidi	Gas naturale	Gas derivati	Prodotti petroliferi	Altri combustibili	Totale
	Kcal / KWh					
A) impianti con sola produzione di energia elettrica						
a combustione interna (CI)	-	2.215	-	2.737	2.517	2.239
a turbine a gas (TG)	-	2.361	-	3.537	-	2.396
a vapore a condensazione (C)	2.336	1.985	2.452	2.256	3.771	2.276
a ciclo combinato (CC)	-	1.577	-	1.804	-	1.578
ripotenziato(RP)	-	1.994	-	2.214	-	2.022
Totale A	**2.336**	**1.770**	**2.452**	**2.256**	**3.760**	**2.066**
B) impianti con produzione combinata di energia elettrica e calore						
a combustione interna (CIC)	-	1.579	-	2.196	-	1.583
a turbine a gas (TGC)	-	1.624	-	1.538	-	1.608
a ciclo combinato (CCC)	-	2.015	1.960	1.825	1.487	1.913
a vapore a contropressione (CPC)	1.441	1.083	980	1.153	2.321	1.497
a vapore a condensazione con spillamento (CSC)	-	2.035	3.137	2.125	2.647	2.252
Totale B	**1.441**	**1.977**	**2.017**	**1.877**	**1.712**	**1.917**
Totale impianti (A+B)	**2.326**	**1.853**	**2.141**	**2.190**	**1.871**	**2.018**

In tabella 8 sono riportati i dati relativi alla produzione elettrica e ai consumi specifici, per singola tipologia impiantistica, riferiti ai grandi impianti di combustione. Per gli impianti con sola produzione di energia elettrica si segnala, rispetto ai dati riferiti a tutti gli impianti, un minor consumo specifico, e quindi un maggior rendimento. Ciò è dovuto alla taglia degli impianti che partendo da almeno 50 MW termici, non comprende gli impianti di taglia ridotta, generalmente caratterizzati, a parità di tecnologia utilizzata, da una minore efficienza. Invece il valore medio complessivo del consumo specifico, riferito alla sola produzione elettrica, relativo agli impianti di cogenerazione, risulta di poco più elevato rispetto a quello riferito a tutti gli impianti termoelettrici (cfr. Tabella 10).

2.3 Numero di personale impiegato

La quantificazione del personale impiegato nell'esercizio dei grandi impianti di combustione può essere operata unicamente in via estimativa non potendo fare direttamente riferimento agli organici delle aziende che dispongono di tali impianti. Ciò per diversi ordini di motivi. In primo luogo le maggiori aziende a cui fanno capo tali impianti sono dei gruppi integrati che svolgono più attività della filiera elettrica. Inoltre anche nel caso di esistenza di uno specifico ramo d'azienda destinato alla gestione degli impianti di produzione occorrerebbe comunque scorporare dal computo del personale le unità destinate alla gestione di altre tipologie impiantistiche che non rientrano nell'ambito dei grandi impianti di combustione (impianti idroelettrici e altri impianti che utilizzano fonti rinnovabili, impianti di taglia inferiore ai 50 MW termici). Infine nel caso degli autoproduttori, tipicamente aziende la cui attività industriale principale è diversa da quella della generazione elettrica, dovrebbe essere enucleata la quota di personale operante in questa ultima attività. A fronte di totale complessivo degli addetti operanti nel settore elettrico pari a circa 68.000 unità (dato dicembre 2004, fonte Assoelettrica), che comprende il personale occupato in tutte le attività della filiera (produzione, distribuzione, trasmissione, dispacciamento, commercializzazione, attività nucleari) avente il contratto di lavoro del settore elettrico[2], è possibile stimare in non più di 15.000 addetti il numero di occupati nei grandi impianti di combustione.

2.4 Dati macroeconomici

Una quantificazione in termini economici del sottoinsieme costituito dai grandi impianti di combustione può essere operata attraverso una valorizzazione dell'energia elettrica prodotta da tali impianti, che come riportato in tabella 5 è risultata, nel 2004, pari a circa 235 TWh. A tal fine può essere adottato come riferimento il prezzo medio di acquisto dell'energia elettrica ponderato con le quantità scambiate nel mercato del giorno prima (comprensive delle quantità relative ai contratti bilaterali) registrato sulla borsa elettrica italiana, IPEX, avviata a partire dal mese di aprile 2004.

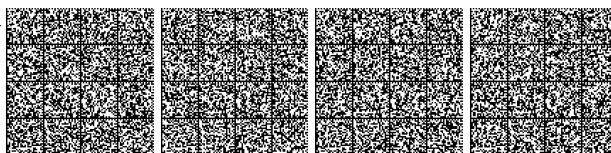
Applicando tale valore, pari a 56,18 euro/MWh, alla produzione attribuibile ai grandi impianti di combustione si determina si determina un ammontare dell'ordine dei 13,2 miliardi di euro che può considerarsi rappresentativo del valore dell'attività dello specifico sottosettore. E' da segnalare che tale valore è fortemente dipendente dall'andamento congiunturale dei prezzi dei combustibili utilizzati negli impianti termoelettrici essendo i costi variabili la quota più rilevante dei costi di produzione.

2.5 Principali emissioni del settore

2.5.1 Liste di inquinanti significativi in aria ed acqua definite in ambito UE

Il D.Lgs. 59/05 "Attuazione integrale della direttiva 96/61/CE relativa alla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento" "all'articolo 12 prevede un inventario delle principali emissioni e loro fonti finalizzato alla costituzione dell'inventario nazionale (INES, Inventario Nazionale delle Emissioni e loro Sorgenti), le cui informazioni vanno ad alimentare il registro europeo delle emissioni di inquinanti (EPER, European Pollutant Emission Register). Tale registro sarà sostituito dal nuovo registro E-PRTR (*European Pollutant Release and Transfer Register*) che l'Unione Europea realizzerà sulla base di quanto previsto dal recente Regolamento (CE) 166/2006 ("*Regulation on of the European Parliament and of the Council concerning the*

---

[2] Il dato non comprende il numero di addetti che operano nell'attività di generazione elettrica in aziende autoproduttrici in quanto il relativo rapporto di lavoro è regolato da altri tipi di contratto

establishment of a European Pollutant Release and Transfer Register and amending Council Directives 91/689/EEC and 96/61/EC"). Il Registro E-PRTR nasce nell'ambito della Convenzione di Aarhus (*Convention on Access to Information, Public partecipation in Decision-making and Access to Justice in Environmental Matters*) amplia i contenuti informativi che saranno accessibili al pubblico. Il primo anno di riferimento sarà il 2007 e i dati raccolti saranno disponibili a partire dal 2009.

Le linee guida per l'esecuzione dell' inventario INES sono stabilite dal decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio del 23 novembre 2001, pubblicato sul supplemento ordinario alla Gazzetta Ufficiale del 13 febbraio 2002, il quale recepisce le linee guida che la UE ha predisposto per la realizzazione dell'EPER.

In tale decreto, e sulle Linee Guida europee, sono presenti due liste di inquinanti, una relativa alle emissioni in aria (40 voci) ed una relativa a quelle in acqua (28 voci), ritenuti significativi ai fini della costituzione dei registri delle emissioni.
Le sopra citate linee guida presentano inoltre sottoliste di inquinanti considerati significativi per ciascuna singola categoria IPPC. Per gli impianti di combustione con potenza termica di combustione di oltre 50 MW, compresi nella categoria 1.1 del D.Lgs. 59/05, le sostanze presenti nelle sottoliste considerate significative per le emissioni in aria sono 15; 14 sono quelle considerate significative per le emissioni in acqua.
Tali sottoliste rappresentano una indicazione di minima delle emissioni di inquinanti che ciascun gestore deve considerare (valutandone l'applicabilità al proprio caso).
La Tabella 9 riporta le voci ricompresse dalle sottoliste, unitamente alle soglie al di sopra delle quali scatta l'obbligo della dichiarazione al censimento INES.

Emissioni in aria	**Identificazione**	**Valore soglia [kg / anno]**
Metano (CH_4)	totale	100.000
Monossido di carbonio (CO)	totale	500.000
Biossido di carbonio (CO_2)	Totale (secondo le linee guida IPCC 1996)	100.000.000
Protossido di azoto (N_2O)	totale	10.000
Ossidi di azoto (NO_X)	Espressi come NO_2	100.000
Ossidi di zolfo (SO_X)	Espressi come SO_2	150.000
Arsenico (As) e composti	totale, come As	20
Cadmio (Cd) e composti	totale, come Cd	10
Cromo (Cr) e composti	totale, come Cr	100
Nichel (Ni) e composti	totale, come Ni	50
Piombo (Pb) e composti	totale, come Pb	200
Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)	somma dei 6 IPA di Borneff	50
Cloro e composti	totale, come HCl	10.000
Fluoro e composti	totale, come HF	5.000
PM 10	totale	50.000
Emissioni in acqua		
Azoto totale	totale, come N	50.000
Fosforo totale	totale, espresso come P	5.000
Cadmio (Cd) e composti	totale, come Cd	5
Cromo (Cr) e composti	totale, come Cr	50
Rame (Cu) e composti	totale, come Cu	50
Mercurio (Hg) e composti	totale, come Hg	1
Nichel (Ni) e composti	totale, come Ni	20
Piombo (Pb) e composti	totale, come Pb	20
Zinco (Zn) e composti	totale, come Zn	100

Benzene, Toluene, Etilbenzene, Xileni (BTEX)	totali	200
Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)	somma dei 6 IPA di Borneff	5
Carbonio organico totale	espresso come C o COD/3	50.000
Cloruri	totale, come HCl	2.000.000
Fluoruri	totale, come Fl	2.000

Tabella 9

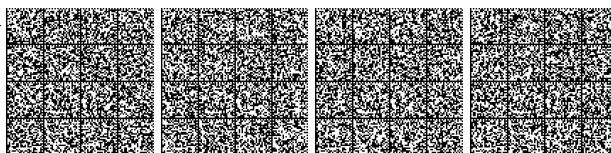
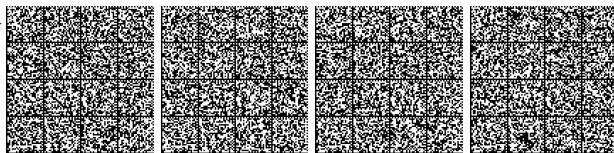
2.5.2 Emissioni in atmosfera

Nel processo di combustione le sostanze maggiormente prodotte sono il biossido di zolfo (SO_2), gli ossidi di azoto (NO, NO_2 e N_2O) l'ossido di carbonio (CO) e le polveri. Vengono inoltre emessi modesti quantitativi di altre sostanze, tipicamente metalli quali nichel, vanadio etc., che sono presenti come impurezze nei combustibili utilizzati, ovvero si producono nel corso della combustione.
Nella tabella che segue sono riportati i valori delle emissioni in atmosfera da grandi impianti di combustione espressi sia in termini di tonnellate / anno sia in termini percentuali rispetto alle emissioni nazionali (fonte APAT – Censimenti in ambito di accordi UNECE).

Tabella 10 Emissioni in atmosfera da impianti di produzione di energia

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
CO_2													
impianti energetici (t)	105575839	101561426	101003043	95957109	98369804	109107815	105007957	101468883	101319391	97561775	116673268	110542309	117012379
emissioni totali (t)	431156445	431272356	429751598	424018405	416576694	446582216	439644125	444179960	455796918	460075368	462075580	469515497	468960850
%	24,5	23,5	23,5	22,6	23,6	24,4	23,9	22,8	22,2	21,2	25,2	23,5	25,0
NO_X													
impianti energetici (t)	408630	389740	362317	326991	299398	299000	282000	242500	179808	144239	129715	117918	108205
emissioni totali (t)	1929231	1982506	2001616	1903991	1822884	1789312	1729694	1652255	1550904	1451106	1373822	1358610	1266940
%	21,2	19,7	18,1	17,2	16,4	16,7	16,3	14,7	11,6	9,9	9,4	8,7	8,5
SO_X													
impianti energetici (t)	769282	691203	607677	574767	570290	592533	540953	523995	492796	418020	358299	322470	277770
emissioni totali (t)	1774171	1655661	1557445	1454697	1359358	1287440	1227747	1150980	1016549	922058	771794	736505	664804
%	43,4	41,7	39,0	39,5	42,0	46,0	44,1	45,5	48,5	45,3	46,4	43,8	41,8
COVNM													
impianti energetici (t)	3616	3522	3655	3565	3588	3880	3755	3659	3640	3503	4267	3900	4079
emissioni totali (t)	2202165	2261766	2310331	2266256	2209035	2185081	2138029	2072106	1966601	1874388	1705883	1606207	1504782
%	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3
CO													
impianti energetici (t)	21617	20712	20976	20411	20532	22430	21808	21431	21745	21883	28099	25680	27011
emissioni totali (t)	7117099	7408172	7608224	7549792	7342883	7111058	6809100	6667177	6147563	5869492	5179427	5090432	4486212
%	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
CH_4													
impianti energetici (t)	9759	9688	9749	9843	9190	11489	11691	12146	6930	8263	8238	9109	14054
emissioni totali (t)	1818703	1844469	1766600	1750875	1774005	1794468	1784828	1788194	1762845	1738180	1738692	1731771	1682845
%	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,6	0,7	0,7	0,4	0,5	0,5	0,5	0,8
N_20													
impianti energetici (t)	4935	4696	4434	4096	4263	4791	4590	4434	4306	4234	4899	4934	5511
emissioni totali (t)	131587	136142	134220	135397	133709	137813	137083	141420	141752	145305	146450	150373	150112
%	3,8	3,4	3,3	3,0	3,2	3,5	3,3	3,1	3,0	2,9	3,3	3,3	3,7
NH_3													
impianti energetici (t)	147	131	98	76	89	106	98	91	102	104	121	143	164
emissioni totali (t)	429226	435561	428119	429309	424850	426511	419562	434755	435398	436611	433040	446309	447098
%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Polveri													
impianti energetici (t)	37.800	36.400	35.700	34.300	34.300	31.500	27.300	22.229	19.150	16.000	14.000	12.000	12.000
emissioni totali (t)	249.525	240.405	241.614	244.581	236.610	232.638	218.644	213.782	209.638	204.366	197.117	195.638	185.934
%	15,1	15,1	14,8	14,0	14,5	13,5	12,5	10,4	9,1	7,8	7,1	6,1	6,5
Pb													
impianti energetici (kg)	3924	3753	3654	3426	3553	3965	3772	3628	3646	3406	3750	3760	4141
emissioni totali (kg)	4.371.088	3.322.696	2.446.702	2.271.713	2.078.337	1.961.385	1.831.736	1.619.467	1.441.744	1.261.915	943.094	700.668	236.486
%	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	1,8

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Cd													
impianti energetici (kg)	171	167	170	160	165	179	171	163	160	146	160	154	162
emissioni totali (kg)	9954	10585	10043	9667	9296	9346	8953	8775	8475	8470	8940	8660	6946
%	1,7	1,6	1,7	1,7	1,8	1,9	1,9	1,9	1,9	1,7	1,8	1,8	2,3
Hg													
impianti energetici (kg)	981	954	961	911	937	1017	973	933	927	867	987	940	992
emissioni totali (kg)	10789	10518	10463	10270	10255	10574	10001	10839	10108	9535	9917	9942	9709
%	9,1	9,1	9,2	8,9	9,1	9,6	9,7	8,6	9,2	9,1	9,9	9,5	10,2
As													
impianti energetici (kg)	4216	3806	3217	2625	2691	2867	2584	2341	2475	2428	2779	3086	3456
emissioni totali (kg)	37321	35851	35970	30534	29143	27499	25619	24990	26394	31204	45773	46188	42064
%	11,3	10,6	8,9	8,6	9,2	10,4	10,1	9,4	9,4	7,8	6,1	6,7	8,2
Cu													
impianti energetici (kg)	6581	6235	6246	5759	5561	5852	5627	5420	5337	4996	5754	5319	5551
emissioni totali (kg)	63528	61655	58899	62242	60798	65467	59395	59216	50066	49679	58201	51435	50647
%	10,4	10,1	10,6	9,3	9,1	8,9	9,5	9,2	10,7	10,1	9,9	10,3	11,0
Cr													
impianti energetici (kg)	35250	32035	30695	26684	23802	22316	9944	9870	10365	11023	14979	13933	14851
emissioni totali (kg)	87352	80736	76916	72611	69385	69017	49594	39409	42395	43490	45883	46110	46416
%	40,4	39,7	39,9	36,7	34,3	32,3	20,1	25,0	24,4	25,3	32,6	30,2	32,0
Ni													

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
impianti energetici (kg)	26463	26557	28601	27763	28139	29898	28614	27242	26068	22908	23848	21846	22402
emissioni totali (kg)	179670	173146	169765	167585	166445	174765	167246	155029	161019	162643	165365	174066	176514
%	14,7	15,3	16,8	16,6	16,9	17,1	17,1	17,6	16,2	14,1	14,4	12,6	12,7
Se													
impianti energetici (kg)	2515	2347	2118	1904	2028	2285	2171	2085	2185	2179	2648	2681	2922
emissioni totali (kg)	72531	76034	74564	75137	79961	80808	78793	81916	87817	87474	92844	94531	91370
%	3,5	3,1	2,8	2,5	2,5	2,8	2,8	2,5	2,5	2,5	2,9	2,8	3,2
Zn													
impianti energetici (kg)	5793	5536	5187	4675	4988	5520	5201	4903	4966	4583	4932	5127	5570
emissioni totali (kg)	821115	824074	803192	828593	828749	838290	748278	782426	756756	725415	811937	802688	794921
%	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,6	0,7	0,6	0,6	0,6	0,7
IPA													
impianti energetici (kg)	809	822	899	883	882	950	916	906	761	689	681	630	691
emissioni totali (kg)	91910	105803	101869	103957	107590	111050	101690	113479	109860	119465	119282	120494	110268
%	0,9	0,8	0,9	0,8	0,8	0,9	0,9	0,8	0,7	0,6	0,6	0,5	0,6
Diossine													
impianti energetici (g TEQ)	21	22	24	23	23	25	24	22	21	18	18	17	17
emissioni totali (g TEQ)	443	447	422	411	410	450	383	384	376	353	319	295	286
%	4,9	4,9	5,6	5,6	5,7	5,5	6,1	5,8	5,6	5,1	5,7	5,7	6,0

Da un punto di vista dei controlli la misura in continuo delle emissioni di SO_2, NO_X e polveri è obbligatoria per gli impianti di potenza termica superiore ai 300 MW, per le emissioni di CO è obbligatorio per gli impianti di potenza superiore ai 6 MW.
Per quanto riguarda le emissioni dei microinquinanti i controlli sono assicurati da misure condotte ad hoc sui differenti impianti. Le modalità di tali controlli sono definite nelle singole autorizzazioni.

2.5.3 Emissioni in acqua

Le acque utilizzate nel processo di combustione sono in massima parte impiegate per il raffreddamento del ciclo e dei macchinari e pertanto non subiscono alcuna alterazione di tipo chimico bensì subiscono esclusivamente un processo di riscaldamento.
Altre modeste quantità subiscono trattamenti chimici; esse sono costitute essenzialmente dalle acque acide o alcaline, dalle acque inquinabili da oli (provenienti da piazzali ed aree all'interno delle quali si possono verificare versamenti accidentali di sostanze oleose), dalle acque provenienti dagli impianti di abbattimento delle emissioni ($DeSO_X$ e $DeNO_X$).
Anche in questo caso sono in atto monitoraggi per la verifica del rispetto dei limiti fissati dalle norme, sia in termini di misure in continuo sia in termini di esecuzione di misure periodiche e/o spot.

2.5.4 Produzione di rifiuti

Il processo di combustione produce una serie di rifiuti quali:

- ceneri pesanti (bottom ash / boiler slag);
- ceneri leggere (fly ash);
- residui dai processi di abbattimento fumi.

Dai processi produttivi sono generate altre tipologie di rifiuti tra le quali ricordiamo:

- fanghi derivanti da pulizia caldaie;
- catalizzatori esauriti;fanghi provenienti dal trattamento delle acque reflue;
- oli esausti.

Alcuni dei rifiuti sopra citati sono recuperati in altri cicli produttivi; è il caso delle ceneri di carbone, che vengono riutilizzate nel processo del cemento e del calcestruzzo, o il caso dei gessi prodotti dagli impianti di desolforazione.
A titolo indicativo si cita l'esempio dell'Enel che, relativamente alle ceneri leggere da carbone, a fronte di una produzione di circa 1.146.000 t ha conferito per recupero circa 1.078.000 t, pari a circa il 94 % (dati anno 2002).

La suddivisione della produzione dei rifiuti speciali non pericolosi e speciali pericolosi per attività economica è resa possibile dall'elaborazione della banca dati delle dichiarazioni MUD nelle quali il produttore dei rifiuti inserisce il codice corrispondente alla descrizione dell'attività economica prevalente come dichiarata sul Registro delle imprese.
Prendendo in esame il dato nazionale dei rifiuti prodotti dai macrosettori economici (Tabella 11) si può notare che, come negli anni precedenti, il contributo maggiore è fornito dalle attività manifatturiere che concorrono al totale dei rifiuti speciali non pericolosi per oltre il 60% e di circa il 70 % nel caso dei rifiuti pericolosi.
Il settore "Produzione energia elettrica" accorpato con "acqua e gas", risulta aver prodotto:
anno 2000 rifiuti speciali non pericolosi t 2 837 435; rifiuti speciali pericolosi t 83 2009
anno 2001 rifiuti speciali non pericolosi t 2 632 203; rifiuti speciali pericolosi t 72 089

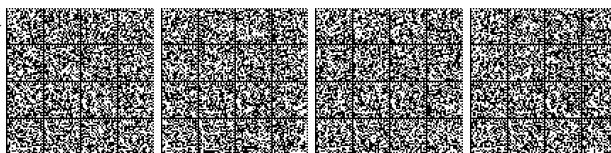



Tabella 11 – Produzione di rifiuti speciali pericolosi e non pericolosi per attività economica (anni 2000-2001)

Attività economiche	Codice di attività ISTAT	2000		2001	
		Rifiuti speciali non pericolosi	Rifiuti speciali pericolosi	Rifiuti speciali non pericolosi	Rifiuti speciali pericolosi
Agricoltura e pesca	**01-05**	340.465	6.552	421.667	9.066
Industria estrattiva	**10-14**	794.775	9.929	775.604	10.595
Industria alimentare	**15**	4.360.603	32.171	4.660.865	14.520
Industria tabacco	**16**	23.467	105	23.154	103
Industria tessile	**17**	710.811	76.708	868.707	78.730
Confezioni vestiario; preparazione e tintura pellicce	**18**	115.832	1.336	138.367	1.043
Industria conciaria	**19**	876.093	4.686	1.066.955	5.461
Industria legno, carta stampa	**20-22**	3.617.459	60.528	3.775.920	50.742
Raffinerie petrolio, fabbricazione coke	**23**	170.090	83.573	169.295	57.529
Industria chimica	**24**	3.036.427	1.138.907	2.884.589	1.086.707
Industria gomma e materie plastiche	**25**	637.122	56.016	665.497	110.841
Industria minerali non metalliferi	**26**	5.466.666	33.535	5.533.144	42.019
Produzione metalli e leghe	**27**	6.489.798	651.836	7.416.112	702.473
Fabbricaz. e lavoraz. prodotti metallici, escluse macchine ed impianti	**28**	2.644.402	253.215	2.683.244	318.149
Fabbricazione apparecchi elettrici, meccanici ed elettronici	**29-33**	1.456.561	202.231	1.395.052	219.794
Fabbricazione mezzi di trasporto	**34-35**	1.090.804	128.291	987.619	147.950
Altre industrie manifatturiere	**36-37**	1.858.474	112.194	2.353.946	139.017
Produzione energia elettrica, acqua e gas	**40-41**	2.837.435	83.209	2.632.203	72.089
Costruzioni	**45**	571.868	33.745	709.579	37.116
Commercio, riparazioni e altri servizi	**50-55**	2.028.657	308.975	2.144.250	409.368
Trasporti e comunicazione	**60-64**	867.935	52.358	574.551	8.444
Intermediazione finanziaria, assicurazioni ed altre attività professionali	**65-74**	656.203	50.889	371.050	7.676
Pubblica amministrazione, istruzione e sanità	**75-85**	463.164	167.128	809.663	190.183
Trattamento rifiuti e depurazione acque di scarico	**90**	0.348.265	320.042	11.610.004	369.018
Altre attività di pubblico servizio	**91-99**	119.568	27.725	142.372	50.263
Non Determinato (N.D.)		263.675	5.134	159.990	10.338
Totale Italia		**51.846.621**	**3.911.016**	**54.973.399**	**4.279.233**

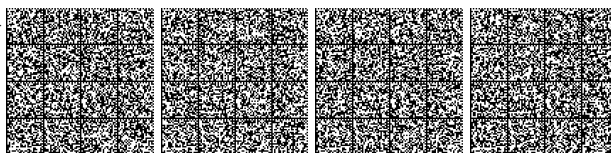
2.5.5 Livelli di emissione per tipologia di combustibile (dati sul parco esistente)

Premessa

Il presente paragrafo riporta, in via del tutto indicativa, alcuni range di emissioni relativamente a combustibili solidi (carbone) e liquidi (olio combustibile) per alcune tipologie di impianti.
I dati sono derivati dalla comunicazione che il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio ha inviato al European IPPC Bureau di Siviglia per segnalare e motivare alcune "split views" relativamente al BREF sui grandi impianti di combustione.
Si precisa che per le tipologie di impianto non riportate, il range di emissione risulta sempre limitato superiormente dai valori fissati dal D.Lgs. 152/06; il limite inferiore è variabile e dipende dalle caratteristiche del combustibile impiegato, che possono variare per ogni singola fornitura.
I dati si riferiscono al parco esistente indipendentemente dall'utilizzo o meno delle MTD.

Combustibili solidi

a. Polveri

Potenza [MWth]	**MTD installata**	**Range emissioni** [mg/Nm^3]
< 500	PE	40 ÷ 50
> 500	PE + DeSOx + DeNOx catalitico	25 ÷ 30

b. SO_2

Potenza [MWth]	**MTD installata**	**Range emissioni** [mg/Nm^3]
< 500	Mix combustibili	1.150 ÷ 1.400
> 500	DeSOx	250 ÷ 320

c. NO_X

Potenza [MWth]	**MTD installata**	**Range emissioni** [mg/Nm^3]
< 500	Misure primarie	520 ÷ 650
> 500	Misure primarie	430 ÷ 550
> 500	DeNOx	< 200

Combustibili liquidi

d. Polveri

Potenza [MWth]	**MTD installata**	**Range emissioni** [mg/Nm^3]
< 500	Mix combustibile (1)	40 ÷ 250 (2)
< 500	PE	40 ÷ 130 (2)
> 500	PE	30 ÷ 50

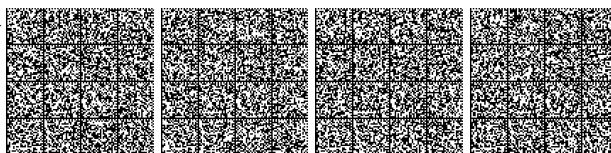
(1) Per impianti di tale taglia la valutazione economica risulta discriminante per l'installazione di un PE
(2) Il valore riportato è stato misurato prima che l'impianto venisse adeguato ai disposti del DM 12 luglio 1990.

e. SO_2

Potenza [MWth]	**MTD installata**	**Range emissioni** [mg/Nm^3]
< 500	Mix combustibile	340 ÷ 1.400
> 500	Mix combustibile	340 ÷ 380

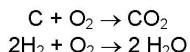
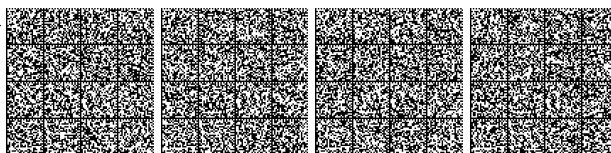
f. NO_X

Potenza [MWth]	**MTD installata**	**Range emissioni** [mg/Nm^3]
< 500	Misure primarie	340 ÷ 450
> 500	Misure primarie	440 ÷ 450 (1)
> 500	SCR	190 ÷ 200

(1) Il valore riportato è stato misurato prima che l'impianto venisse adeguato ai disposti del DM 12 luglio 1990.

3 Descrizione del processo di produzione, degli eventuali sottoprocessi e degli impianti per i quali sono analizzate le migliori tecniche disponibili.

3.1 Introduzione: principi di combustione

Il processo di combustione di uno o più combustibili fossili sta alla base della tecnologia realizzativa dei grossi impianti di generazione, dove lo scopo ultimo è quello di produrre vapore quale fluido energetico per la successiva conversione dell'energia termica in energia meccanica ed elettrica. Tale processo può avvenire normalmente all'interno di una caldaia o in altri casi in generatori di vapore con l'utilizzo dell'energia termica come residuo di altri processi.
La combustione può essere definita come una rapida reazione chimica che coinvolge l'ossigeno ed alcuni elementi normalmente presenti in un combustibile, normalmente carbonio ed idrogeno, in misura molto meno significativa lo zolfo.
Il Carbonio e l'Idrogeno reagiscono con l'Ossigeno presente nell'aria secondo le seguenti reazioni chimiche

$$C + O_2 \rightarrow CO_2$$
$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2\ H_2O$$

Le reazioni di combustione sono esotermiche, avvengono ad alta temperatura ed il calore liberato varia tra 32.800 kJ/kg e 142.700 kJ/kg, a seconda che venga utilizzato solo carbonio o solo idrogeno rispettivamente. L'energia prodotta dai combustibili fossili, non può essere calcolata solo dalla somma delle energie contenute nel carbonio e nell'idrogeno, ma deve essere considerata anche l'energia chimica delle formazioni molecolari presenti e dagli altri elementi che possono contribuire alla quantità totale di calore rilasciato.
Poiché il processo di combustione libera acqua in forma gassosa, quella contenuta nel combustibile riduce la quantità di calore trasferibile, utile per la produzione del vapore. A tale proposito si definisce Potere Calorifico Inferiore (PCI) e superiore (PCS) di un combustibile (riferito all'unità di peso, in kg, o di volume, in m^3) il calore sviluppato durante la combustione quando l'acqua formata è allo stato liquido o vapore, rispettivamente. Nella pratica ha maggior interesse il PCI perché i prodotti della combustione sono caldi, con l'acqua allo stato vapore, mentre la determinazione sperimentale fornisce normalmente il PCS.
L'obiettivo di una combustione efficiente è quello di rilasciare il calore disponibile minimizzando le instabilità, per eccessiva o impropria aerodinamica dei fluidi in gioco. La combustione degli elementi e dei composti di un combustibile con l'ossigeno richiede una temperatura sufficientemente elevata per innescare la reazione (che può essere una scintilla, o una sorgente calda), unita a condizioni di miscelamento idonee e per tempi sufficientemente lunghi per la completa combustione.
In una caldaia (dove non si produce lavoro meccanico) l'energia termica di conversione degli elementi combustibili con l'ossigeno dipende dai prodotti finali, non dai composti intermedi che si formano durante il processo. Una semplice dimostrazione di questa legge è la combustione di 1 kg di carbonio con l'ossigeno. La reazione può avvenire in una sola fase, con la formazione di produrre CO_2, o in due fasi, una prima con la formazione di CO, che produce una minore quantità di calore, ed una seconda per produrre CO_2. Comunque la somma del calore rilasciato nelle due fasi è la stessa dei 32800 kJ/kg ottenuti nella combustione in fase singola.
Le modalità di reazione del carbonio e ossigeno sono di fondamentale importanza nel progetto del componente dove risiede il processo: deve essere perseguito l'obiettivo del completo miscelamento del combustibile con l'ossigeno per formare solo CO_2. Il non raggiungimento di questo requisito comporta sensibili perdite, sia nella quantità di calore liberato (e nell'efficienza di combustione) che nell'aumento della produzione d'inquinanti. Infatti, ad esempio, con la formazione di CO anziché CO_2, solo il 28% del calore teoricamente disponibile, sarebbe rilasciato.
Allo scopo di massimizzare l'energia termica, il processo di combustione dovrà risultare completo: con una quantità in eccesso o in difetto, rispetto all'aria stechiometrica, non si raggiunge l'obiettivo.
Per conoscere in pratica, con sufficiente approssimazione, il volume di aria necessario da un combustibile, si possono considerare come normali costituenti il carbonio, l'idrogeno e trascurare gli altri elementi, come lo zolfo, normalmente presente in quantità trascurabili. Il volume di aria teorico V_T

(a 0°C e 760 mmHg) necessario per la combustione di 1 kg di combustibile che contiene C kg di carbonio e H kg di idrogeno e O kg di ossigeno, si ottiene in m^3, la seguente formula:

$$V_T = 108\ (C/12+H/4-O/32)$$

Tale valore comunque è del tutto teorico in quanto occorre tener conto delle geometrie in gioco che influenzano grandemente il processo.
Nelle combustioni industriali realizzate con combustibili gassosi riesce abbastanza facile controllare le proporzioni tra portate di combustibile e di aria comburente, in modo da essere in condizioni stechiometriche; in altri casi è più opportuno avere delle condizioni di combustione povera (con eccesso d'aria) per rispettare i limiti delle emissioni di inquinanti.
Alcuni parametri sono indicativi per caratterizzare il processo di combustione, tipicamente:

- temperatura di accensione: temperatura alla quale deve essere portata la miscela aria-combustibile perché possa bruciare. Questo parametro dipende da vari fattori quali la pressione, le modalità di riscaldamento e, per combustibili solidi, dalla loro granulometria.
- velocità di accensione: è molto importante per combustibili gassosi o vaporizzabili poiché è sinonimo della velocità di reazione chimica del combustibile. Se ne può rilevare l'importanza che per esempio da questa dipende il dimensionamento della camera di combustione di un motore a scoppio o nel caso di un comune ugello gas, dove la fiamma risulterà aderente all'ugello stesso solo se la velocità di uscita è inferiore a quella di accensione; in caso contrario la fiamma si stacca dalla bocca dell'ugello e si spegne.
- limiti di infiammabilità: una miscela gassosa non può accendersi qualunque sia la sua composizione. Per ogni combustibile esistono due limiti, inferiore e superiore, che delimitano il campo al di fuori del quale la miscela non si accende. Oltre che alla composizione, i limiti di infiammabilità dipendono da molteplici altri fattori quali la temperatura e la pressione, dalla forma dell'ambiente in cui sino contenuti e dalle modalità di accensione.

3.2 Tecnologie dei processi di generazione

Il paragrafo descrive i più comuni processi industriali per grossi impianti di generazione di energia elettrica, basati sul processo di combustione di combustibili fossili, compresi i materiali e componenti comunemente utilizzati.
La scelta del sistema o processo utilizzato dipende da molteplici parametri come la modalità di esercizio (di base o di punta), la disponibilità di un certo tipo di combustibile, la richiesta di energia del parco di generazione esistente. Laddove richiesto, il processo di combustione potrebbe integrarsi con altri processi e sistemi ausiliari, quali quelli di controllo degli inquinanti, la movimentazione e la pulizia del combustibile.

3.2.1 Impianti di generazione con caldaia a vapore

Il processo di generazione d'energia elettrica basato sul ciclo a vapore si articola sostanzialmente in quattro sottoprocessi: riscaldamento (la combustione in caldaia per produrre vapore), il sistema vapore (per il trasporto del vapore in turbina), l'espansione del vapore in turbina (Figura 2) e il raffreddamento finale nel condensatore.

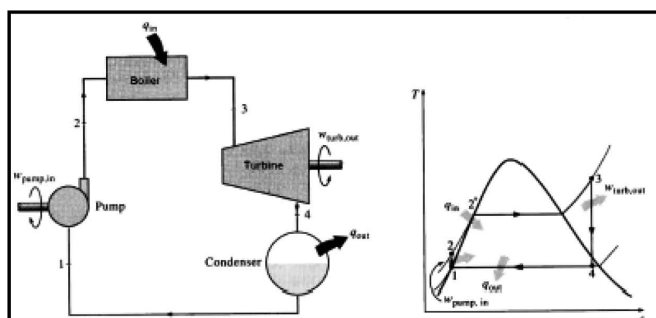
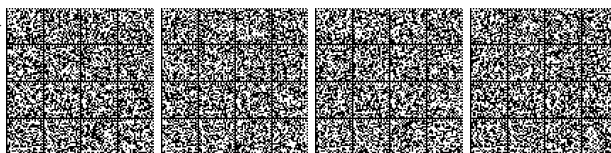



Figura 2

Il calore prodotto per combustione all'interno della caldaia genera vapore all'interno dei banchi tubieri che costituiscono la caldaia, sia lungo le pareti, che nella parte superiore (convettiva). Il refluo del processo di combustione sono fumi e ceneri.
Il vapore ad alta pressione e temperatura arriva in turbina, come mostrato schematicamente in Figura 3. All'uscita si trova il condensatore, mantenuto a bassa pressione e temperatura. La differenza tra le condizioni energetiche all'ingresso ed all'uscita della turbina a vapore determinano la potenza prodotta all'asse e di conseguenza la potenza elettrica del generatore.

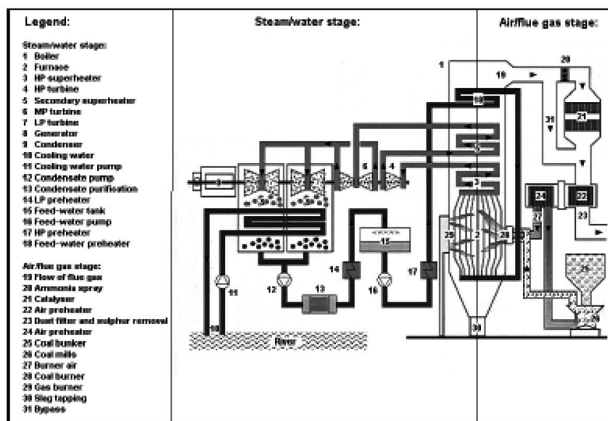



Figura 3

Il rendimento termico teorico dell'unità, dipende dalle condizioni di pressione e temperatura presenti nella caldaia e nel condensatore.
Il vapore a bassa pressione uscente dalla turbina entra nel lato mantello del condensatore ed è condensato dall'acqua di raffreddamento, a bassa temperatura, che circola all'interno dei tubi: il condensatore è un componente essenziale nel ciclo d'impianto determinando il minimo livello di pressione del vapore esaurito. Il condensato ritorna in caldaia spinto dalla pompa acqua alimento dove ripete il ciclo descritto.
Una portata costante di acqua di raffreddamento a bassa temperatura nei tubi del condensatore è necessaria a mantenere il lato mantello ad una bassa pressione, per garantire un'efficiente produzione di energia elettrica. Attraverso il processo di condensazione, l'acqua di raffreddamento incrementa la sua temperatura: se il circuito è di tipo aperto l'acqua calda ritorna all'ambiente da cui è stato prelevata, altrimenti, con un circuito chiuso, è ricircolata attraverso le torri di raffreddamento dove il calore è ceduto all'aria per evaporazione e/o cessione del calore sensibile. In quest'ultimo caso sono necessari dei piccoli reintegri d'acqua, per compensare gli spurghi, periodici o continui, necessari ad evitare l'accumulo di particelle solide. Rispetto ai sistemi a ciclo aperto, quelli con ricircolazione utilizzano circa 1/20 della portata d'acqua totale.

Caldaia
In generale nel parco termoelettrico italiano sono normalmente disponibili ed esercite tre tipologie di caldaie: a circolazione naturale, a circolazione forzata e ad attraversamento forzato (once-through o Benson, che detengono circa il 70% mercato mondiale. In Figura 4 sono illustrate le principali differenze concettuali tra caldaia a circolazione naturale e Benson.

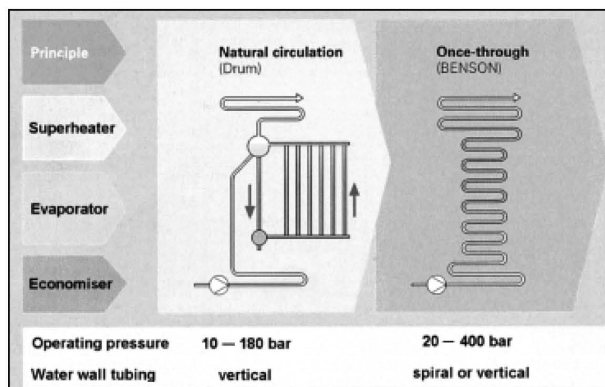



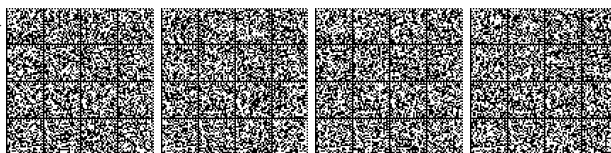
Figura 4 Schema del principio di funzionamento dalla caldaia a circolazione naturale e a circolazione forzata

Nelle caldaie a circolazione naturale, la circolazione d'acqua avviene per la diversa densità del vapore e della miscela acqua-vapore nei tubi interni di salita ed esterni di discesa rispettivamente. Nei moderni impianti di combustione questa soluzione non è tra le più efficienti; per ottenere maggiori portate di vapore sono state utilizzate caldaie a circolazione forzata (sull'evaporatore) e Benson. I vantaggi di quest'ultima si possono riassumere in :

- la produzione di vapore è possibile con ogni pressione;
- si raggiunge il rendimento massimo con condizioni di vapore supercritico;
- rendimenti elevati anche ai carichi parziali;
- brevi tempi di avviamento
- esercizio a pressione variabile con rapidi transitori di carico;
- adatta per tutti i combustibili disponibili sul mercato.

Componenti di caldaia
La caldaia è costituita da economizzatore, evaporatore, surriscaldatore e risurriscaldatore.

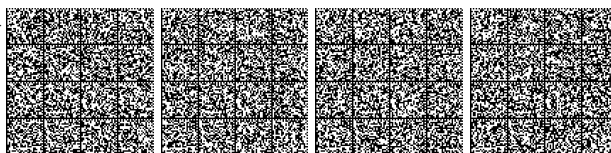
- Economizzatore: qui l'acqua di alimento viene preriscaldata dai fumi ancora caldi, fino a circa 10°C al di sotto della temperatura di saturazione. Per questo è il primo scambiatore che risulta investito dai fumi a più bassa temperatura, quindi si trova all'uscita di caldaia.
- Evaporatore: con la reazione esotermica tra ossigeno e combustibile che avviene nella camera di combustione della caldaia, si ha la cessione di calore all'acqua di circolazione presente all'interno di tubi disposti sulle pareti (verticalmente o elicoidalmente): il completamento della trasformazione dell'acqua dallo stato liquido a quello vapore avviene nell'evaporatore, raggiungendo la temperatura di saturazione per pressioni sottocritiche o surriscaldata per condizioni supercritiche (pressione superiore al valore corrispondente al punto critico nel diagramma acqua-vapore). In quest'ultimo caso il passaggio avviene senza variazione del volume specifico, solo un picco nella capacità termica sta ad indicare la discontinuità del fluido.
- Surriscaldatore: in questa parte della caldaia si sfruttano i fumi a temperatura più elevata per produrre vapore surriscaldato, cioè ad una temperatura maggiore della temperatura di saturazione a quella pressione. Tale alto valore favorisce il salto di pressione attraverso la turbina, evitando la condensazione del vapore nello stadio di alta pressione. Una parte di quello che attraversa la turbina è estratto per preriscaldare l'acqua alimento.
- Risurriscaldatore: il vapore che ha già subito un'espansione parziale in turbina, viene riportato alle condizioni di alta temperatura per poter estrarre ulteriore lavoro utile e migliorare il rendimento nella successiva espansione negli stadi di media e bassa pressione della turbina.

Turbina a vapore
Nella turbina l'energia termica del vapore ad alta pressione e temperatura prodotto in caldaia viene convertita in energia meccanica per rotazione della macchina. Poiché l'albero di turbina è collegata rigidamente con il rotore dell'alternatore, l'energia meccanica viene così trasferita e convertita in energia elettrica. Durante l'espansione la temperatura e la pressione del vapore diminuiscono, nei

moderni impianti da circa 300 bar a circa 30 mbar; a causa dell'elevato salto di pressione l'espansione è articolata in più stadi: alta pressione (AP), Media pressione (MP) e bassa pressione (BP).

Condensatore
Il vapore all'uscita della turbina, privato del suo contenuto energetico utilizzabile meccanicamente, entra direttamente al condensatore dove subisce la trasformazione finale passando da condizioni sature (miscela di acqua e vapore) allo stato liquido. Sistemi efficaci di condensazione, dipendenti dalla temperatura del fluido refrigerante, consentono di ridurre la pressione al di sotto di quella atmosferica (fino a 0.025 bar assoluti) Ciò permette di massimizzare la potenza meccanica estraibile dall'espansione del vapore in turbina.

Sistema di raffreddamento
Il calore latente viene trasferito all'acqua di raffreddamento del condensatore, che scorre nel lato tubi e ceduto all'ambiente: al fiume o al mare nel caso di circuito di aperto o alle torri di raffreddamento (e da qui, per evaporazione, all'aria) nel caso di ciclo chiuso.

3.2.2 Impianti di generazione a letto fluido

La combustione a letto fluido negli impianti di generazione è apparsa negli ultimi anni, una valida alternativa agli impianti tradizionali, con caldaie alimentate a polverino di carbone, potendo utilizzare miscele di combustibili eterogenei, anche di derivazione biologica, meno pregiati, difficili da trattare, con alto contenuto di ceneri, di zolfo e di alcali. Le particelle solide che partecipano al processo sono di dimensioni grossolane, normalmente tra 0.1 e 0.6 mm, costituite, oltre che da combustibile e cenere, anche da calcare e sabbia.
L'espressione letto fluido sta ad indicare che le particele sono mantenute sospese dal gas fluidizzante, in quantità tale che la densità media della sospensione è notevolmente superiore a quella del solo gas.
Una tipica configurazione del letto fluido circolante comprende un reattore (riser), geometricamente sviluppato in altezza per garantire un tempo minimo di residenza per la reazione di combustione, un sistema di alimentazione delle particelle di combustibile (in genere posto vicino al fondo del reattore), una portata di gas verso l'alto in grado di trascinare le particelle verso la parte alta del reattore, ed un sistema (normalmente ciclone) per separare le particelle solide dai fumi di scarico all'atmosfera. Queste, così separate, sono quindi reintrodotte nel fondo del reattore a completare la combustione. Il termine circolante, con il quale viene individuato questo tipo di reattore, sta a sottolineare come il sistema di separatore dei solidi e di reintroduzione sono componenti essenziali della configurazione della caldaia. La gran quantità di solidi presenti nel reattore costituisce un volano termico in grado di cautelarsi contro repentine variazioni della temperatura di esercizio. Inoltre la turbolenza del processo e della sospensione solida trascinata favorisce una uniformità di temperatura all'interno di tutto il reattore. La combustione delle particelle solide avviene su tutta l'altezza del reattore; l'aria comburente è immessa in parte al di sotto di una piastra distributrice sul fondo del reattore ed in parte a differenti quote lungo l'altezza, per favorire una regolazione puntuale della temperatura tra 800 e 950°C, favorendo la cattura dello zolfo e minimizzando la formazione degli ossidi di azoto. La presenza di elevate concentrazioni di solidi in sospensioni nella corrente di gas favorisce elevati coefficienti di scambio termico e scambio di materia fra solidi e gas e fra la corrente fluida e le pareti del reattore. Il ricircolo di parte dei solidi (comprese le particelle combustibili ancore non completamente bruciate) garantisce maggiori tempi di residenza, sufficienti ad ottenere una elevata efficienza di combustione.
La desolforazione dei fumi viene effettuata all'interno della camera di combustione, introducendo con il combustibile anche reagenti, come calcare o dolomite; i solidi circolanti sono in definitiva costituiti da ceneri, sorbente calcinato o spento, incombusti, sabbia o altro materiale inerte che vanno a formare il "letto.".
Il reattore a letto fluido è l'equivalente della caldaia dei cicli tradizionali, quindi normalmente accoppiato ad un ciclo a vapore: il calore viene ceduto sia nel loop primario, attraverso le pareti della camera di combustione (rivestite di tubi) e prima della reimmissione nella caldaia, sia per convezione, all'uscita dei fumi dal ciclone.
Tanto più efficace risulta il ciclone, tanto migliore è la separazione delle particelle dai fumi, tanto più i prodotti intermedi della combustione come le sostanze catramose che si formano, rimangono in caldaia fino alla completa combustione.

Le superfici di scambio termico possono risultare soggette a erosione e corrosione: l'effetto è tanto più marcato quanto maggiore è l'alternanza dell'atmosfera ossidante o riducente, cioè della maggiore o minore quantità di aria presente. Per questa ragione i fasci tubieri di scambio termico localizzati nella zona ossidante, sono anche quelli maggiormente resistenti a questi effetti.

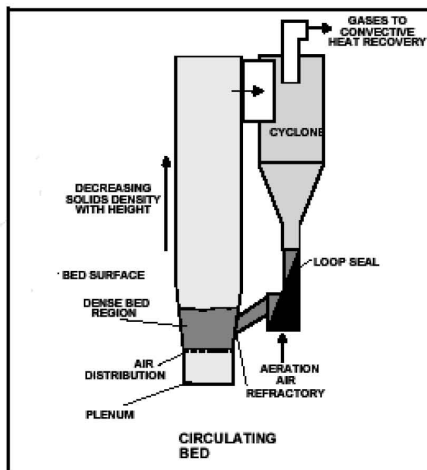



Figura 5
Schema del letto ricircolante

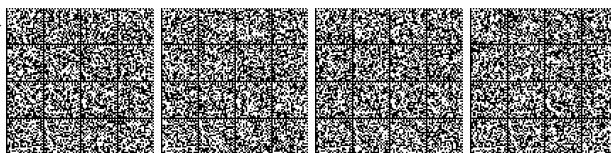
3.2.3 Impianti di generazione con turbine a gas

Le turbine a gas sono macchine che operano con un ciclo funzionale del tutto analogo a quello di un ciclo Diesel, con la sola differenza che la compressione dell'aria, il flusso di combustibile e l'espansione dei gas combusti avvengono con continuità in un organo rotante anziché in un cilindro a stantuffo. L'eliminazione delle masse in moto alternativo costituisce uno dei pregi fondamentali di questa macchina, consentendo di raggiungere elevate potenza. A differenza della turbina a vapore, parte della potenza sviluppata è utilizzata per azionare un compressore che innalza la pressione dell'aria comburente per il miscelamento con il combustibile in camera di combustione. Tanto maggiore è la compressione, tanto più elevata è la temperatura di scarico della turbina ed il rendimento di conversione.
Nella configurazione base questa macchina non ha né una caldaia, né un ciclo termico come la turbina a vapore, cosicché ha un ridotto costo capitale. Per applicazioni nei grossi impianti di generazione dell'ENEL, le turbine a gas a ciclo semplice sono chiamate a svolgere tipicamente un servizio di punta, dove sono necessari frequenti avviamenti e fermate.

3.2.4 Impianti di generazione con ciclo combinato

I cicli combinati rappresentano una categoria di impianti in cui alla generazione di potenza sono preposte sia le turbine a vapore che le turbine a gas. Nel parco di produzione italiano sono sostanzialmente presenti due tipi di cicli combinati:

- cicli ripotenziati;
- turbine a gas con generatore di vapore a recupero.

Il primo tipo deriva dal ripotenziamento delle centrali di generazione tradizionali, dove il preriscaldamento dell'acqua di alimento del ciclo termico è effettuato in uno scambiatore recuperatore utilizzando i fumi di scarico della turbina a gas, anziché attraverso il prelievo di una parte del vapore dalla turbina: in questo modo è stato possibile avere, per lo stesso sito, un incremento sia della potenza installata (per le turbine a gas installate) che per la maggiore potenza ricavata dalla turbina a vapore (per la minore quantità di vapore estratta durante l'espansione), sia per l'incremento di rendimento del ciclo complessivo.

La seconda configurazione è relativa agli impianti di più recente costruzione, dove l'incremento della potenza delle turbine a gas ha favorito la soluzione con turbina a vapore che segue il carico stabilito dalla prima. Il ciclo prevede che i fumi prodotti dalla combustione, dopo l'espansione nella turbina a gas, attraversino un generatore di vapore a recupero (a uno o più livelli di pressione), in grado di produrre vapore da far espandere nella turbina, per produrre ulteriore potenza elettrica. Il ciclo a vapore si completa in modo tradizionale con un condensatore con il suo circuito di smaltimento del calore. Questa combinazione, per gli alti rendimenti delle turbine a gas dell'ultima generazione, consente di raggiungere in assoluto i migliori rendimenti degli impianti di generazione in Italia.

3.2.5 Impianti di cogenerazione

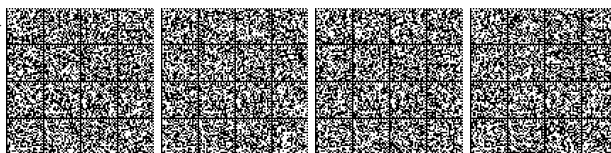
La cogenerazione (Combined Heat and Power, CHP) è la combinazione di sistemi destinati alla produzione contemporanea di energia elettrica ed energia termica, quindi costituisce una tecnologia che consente di incrementare l'efficienza complessiva di un sistema di conversione di energia. Concentrando in un unico impianto la produzione di energia elettrica e la produzione di calore, con la cogenerazione si sfrutta in modo ottimale l'energia primaria del combustibile: la frazione di energia a temperatura più alta viene convertita in energia pregiata (elettrica) e quella a temperatura più bassa, invece di essere dissipata nell'ambiente come calore di scarto, viene resa disponibile per le applicazioni termiche più appropriate. Rispetto alla produzione separata delle stesse quantità di energia elettrica e calore la produzione combinata comporta quindi un risparmio economico in relazione al minor consumo di combustibile. Inoltre viene ridotto il rilascio di calore residuo nell'ambiente. In termini pratici la tecnologia di cogenerazione può essere classificata a seconda che il prodotto finale privilegiato sia energia elettrica o termica. Nel primo caso l'utilizzo del combustibile è finalizzato alla produzione di energia elettrica, con una caldaia o con turbina a gas, ed il calore di risulta è usato per processi industriali.
In

Tabella 12 sono riportati i contributi dei vari stati membri dell'EU nel 1998 come potenza elettrica prodotta da impianti CHP e le percentuali di energia termica e totale prodotta.

Stato	Energia da CHP (GWh)	Energia termica (%)	En. elettrica totale (%)
Belgio	3410	9,6	4,1
Danimarca	25591	66,9	62,3
Germania	41770	11,3	7,5
Grecia	981	2,3	2,1
Spagna	21916	22,2	11,2
Francia	12660	22,7	2,5
Irlanda	404	2,0	1,9
Italia	44856	21,6	17,3
Lussemburgo	320	87,7	22,5
Olanda	47835	55,4	52,6
Austria	14268	76,2	24,8
Portogallo	3288	12,8	8,4
Finlandia	25128	75,6	35,8
Svezia	9544	95,5	6,0
Regno Unito	18644	7,4	5,2
EU_15	270615	21,0	10,9

Tabella 12 - (Rif. BREF Draft Marzo 2003 – Eurostat 2001)

3.3 Rendimento dell'impianto di generazione

Ci sono diversi modi per descrivere il rendimento di un processo di generazione basato sulla combustione. Al fine di permetterne confronti, sono stati predisposti un gran numero di standard, nazionali ed internazionali in grado di stabilire le prove di accettazione e le misure da effettuare per calcolare il rendimento dell'impianto.
Per gli impianti di generazione il rendimento deve intendersi come riferito ad un certo carico elettrico disponibile, nelle condizioni di esercizio normale, cioè quando l'impianto viene esercito giornalmente nelle condizioni richieste. In tal caso il rendimento è calcolato in base ai valori medi misurati e registrati su un certo intervallo di tempo.

3.3.1 Rendimento di Carnot

Il rendimento (o fattore) di Carnot di un processo termico è la misura della qualità della conversione del calore in lavoro e rappresenta il massimo rendimento di conversione ottenibile tra due livelli di temperatura. Questo valore può essere scritto come:

$$\eta_C = 1 - \frac{T_0}{T}$$

dove T_0 è la temperatura ambiente (in K) e T la temperatura (in K) a cui il calore è disponibile. In Figura 6 è mostrato il confronto tra il rendimento ideale di Carnot con quelli raggiunti attraverso le tecnologie di combustione attualmente presenti.

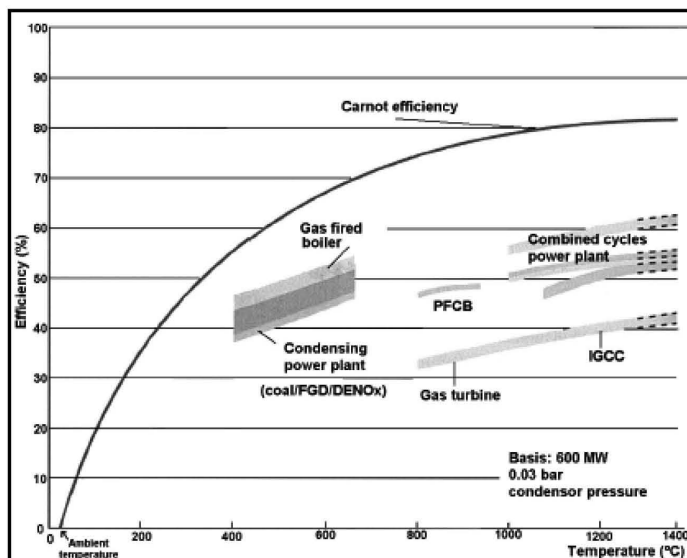
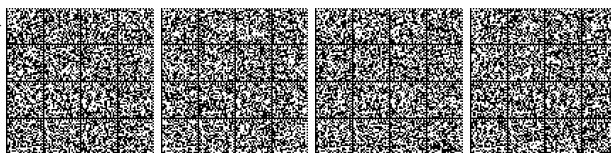



Figura 6
Confronto tra rendimento ideale di Carnot e quelli raggiunti attraverso le tecnologie di combustione attualmente presenti.

3.3.2 Rendimento termico

La definizione di rendimento termico si riferisce all'effettivo ciclo dell'impianto di generazione ed è definito come il rapporto tra la potenza meccanica utile prodotta e la potenza termica trasferita al fluido di processo del ciclo. In base a ciò la potenza meccanica utile è la potenza meccanica prodotta all'albero di turbina, al netto della potenza meccanica fornita al ciclo dalle pompe (di estrazione condensato, ecc.). In questo bilancio la pompa acqua di alimento, se azionata dal vapore spillato dalla turbina a vapore, non viene considerata, mentre compare a tutti gli effetti se azionata da un motore elettrico, quindi con un equivalente meccanico in ingresso al ciclo termodinamico. Il calore trasferito al processo è quello trasferito al ciclo acqua-vapore
Nel caso di un ciclo combinato con turbina a gas ed a vapore, la potenza meccanica utile è la somma delle singole potenze meccaniche delle turbine, ancora quando la pompa acqua alimento è azionata da una turbina alimentata con vapore spillato, meno la potenza meccanica della motopompa estrazione del condensato. Anche in questo caso, qualora la pompa acqua alimento fosse comandata da un motore elettrico, la potenza meccanica viene diminuita della quota corrispondente alla potenza meccanica della pompa acqua alimento. Il calore trasferito al ciclo di processo, in questo caso, è uguale al solo calore fornito all'aria nella camera di combustione della turbina a gas.

3.3.3 Rendimento di unità

La definizione di rendimento d'unità fa riferimento al ciclo d'impianto come illustrato in Figura 7. Fisicamente rappresenta il rapporto tra la potenza elettrica netta prodotta, misurata sui morsetti di alta tensione del trasformatore principale, e l'energia fornita con il combustibile.

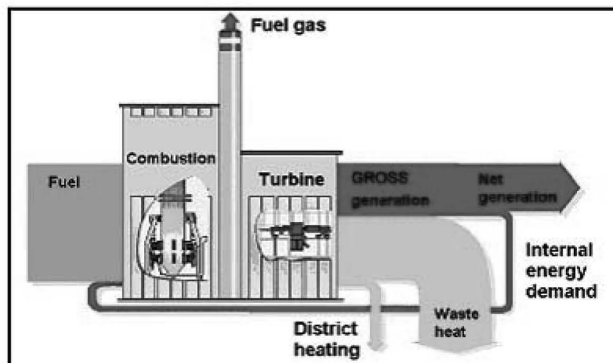



Figura 7 trasferimento di energia in un impianto termico

3.3.4 Exergia ed efficienza energetica

Secondo le leggi della termodinamica, l'elettricità può essere sempre totalmente convertita in calore, mentre non sempre è possibile il processo inverso. Ciò vuol dire anche che l'elettricità è una forma di energia più pregiata del calore; inoltre, poiché a temperatura maggiore il calore contiene una quota superiore di energia convertibile, che non a temperatura minore, la qualità del primo è superiore rispetto al secondo, a minor temperatura. In sostanza i metodi della termodinamica classica, come i bilanci termici, possono non essere sufficienti a risolvere tutti i tipi di problemi, in particolare per l'ottimizzazione e contabilità energetica degli impianti e dei cicli termodinamici. Da qui l'esigenza di introdurre la nuova variabile, exergia, che esprime in termini qualitativi il grado di convertibilità dell'energia disponibile. Infatti, è definita come la massima quantità di lavoro che si può ottenere da una certa quantità di calore, quando viene preso lo stato ambiente come stato di riferimento della sorgente termica inferiore. La differenza con quanto riportato nel 3.3.1 sta nel fatto che in questo caso è definito uno stato finale come riferimento, mentre, nell'altro, questo può avere un livello energetico qualsiasi.
La quantificazione può essere fatta attraverso il Fattore di Qualità (Quality Factor, QF) che fornisce la frazione di exergia di una certa quantità di energia in una certa forma. Così definito il fattore di qualità per la potenza elettrica e meccanica è 1, mentre per la potenza termica dipende dalla temperatura alla quale il calore è disponibile. Ricordando quanto riportato al par. 3.3.1 , il QF termico non è altro che il fattore di Carnot tra lo stato iniziale e quello di riferimento. Ovviamente tale valore è sempre minore di 1, divenendo nullo a temperatura ambiente.
Applicando questo parametro nel quadro di un bilancio globale del processo, sia all'energia di ingresso ($En_{ingresso}$) che all'energia utile (En_{utile_uscita}), è possibile calcolare l'efficienza exergetica del processo, che risulta espresso come:

$$\eta_{ex} = \frac{\sum (QF * En_{utile_uscita})}{\sum (QF * En_{ingresso})}$$

Un confronto tra rendimento energetico ed exergetico, con questa metodologia, è illustrato nella Figura 8, mentre l'analogo confronto tra differenti impianti di generazione basati sulla combustione è riportato in Tabella 13.

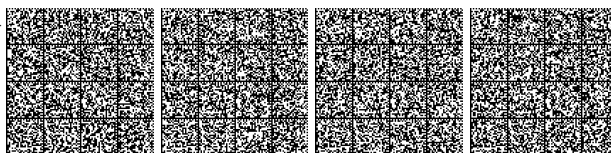
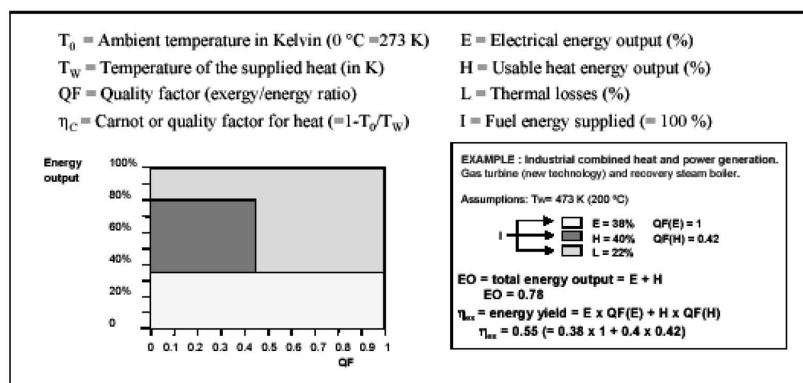
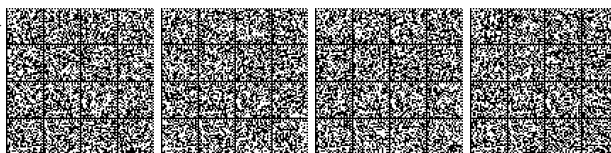



Figura 8 confronto tra rendimento energetico e exergetico

Tabella 13

Tecnica di combustione	Energia fornita con il combustibile (=100%)	Energia elettrica prodotta (%)	Energia termica utilizzabile (%)	Perdite all'esterno (%)	Tw temperatura di fornitura calore (K)	Fattore di Qualità del calore ($QF=1-T_0/T$)	Fattore di Qualità della energia elettrica	Energia totale uscita	Rendimento exergetico
Generazione di calore Tipo: caldaia da riscaldamento con T_w=70°C	100	0	90	10	343	0.2	-	0.9	0.18
Generazione elettrica Tipo: ciclo combinato	100	55	0	45	-	-	1	0.55	0.55
Impianto di cogenerazione (CHP); Tipo: caldaia + turbina a vapore a contropressione; T_w =200°C.	100	20	60	20	473	0.42	1	0.8	0.45
Impianto di cogenerazione (CHP); Tipo: turbina a gas recenti + generatore di vapore a recupero; T_w =200°C.	100	38	40	22	473	0.42	1	0.78	0.55

3.3.5 Dipendenza tra rendimento e aspetti ambientali

Si è visto come da un punto di vista termodinamico la sorgente più fredda condizioni il rendimento del processo produttivo. A tal fine è interessante osservare come le grandezze climatiche influenzino i valori di rendimento.
Si tenga inoltre presente che oggi in Italia, al fine di risparmiare la risorsa idrica normalmente utilizzata per la condensazione del vapore degli impianti termoelettrici, si costruiscono sempre più frequentemente impianti (centrali) con sistemi di condensazione ad aria e conseguentemente il rendimento viene ulteriormente penalizzato.
Nella tabella che segue sono riportate, a titolo di esempio, le variazioni di efficienza di uno stesso processo produttivo in funzione delle caratteristiche climatiche del sito, con riguardo a differenti aree europee. E' evidente come analoghe osservazioni possano essere operate per le aree geografiche italiane.

Country and station [1]		Parameter						
		Dry-bulb temp. (1 %)[2] (°C)	Wet-bulb temp (1 %)[2] (°C)	Temperature difference (K)	End temp. Dry system[3] (°C)	End temp. Wet system[4] (°C)	ΔT wet-dry (K)	Efficiency loss[5] (%)
Greece	Athens	36	22	14	48	26	22	7.7
Spain	Madrid	34	22	12	46	26	20	7.0
France	Paris	32	21	11	44	25	19	6.7
Italy	Rome	34	23	11	46	27	19	6.7
Austria	Vienna	31	22	9	43	26	17	6.0
Germany	Berlin	29	20	9	41	24	17	6.0
Netherlands	Amsterdam	26	18	8	38	22	16	5.6
France	Nice	31	23	8	43	27	16	5.6
UK	London	28	20	8	40	24	16	5.6
Germany	Hamburg	27	20	7	39	24	15	5.3
Norway	Oslo	26	19	7	38	23	15	5.3
Belgium	Brussels	28	21	7	40	25	15	5.3
Spain	Barcelona	31	24	7	43	28	15	5.3
Finland	Helsinki	25	19	6	37	23	14	4.9
Denmark	Copenhagen	26	20	6	38	24	14	4.9
Portugal	Lisbon	32	27	5	44	31	13	4.6
UK	Glasgow	23	18	5	35	22	13	4.6
Ireland	Dublin	23	18	5	35	22	13	4.6

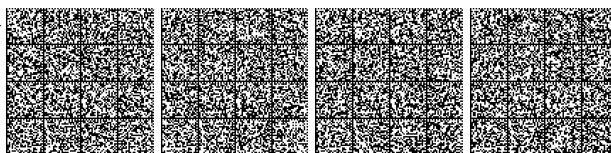
Notes:
1) the given data in the table are illustrative of the variation of the climate in Europe. Other references may provide slightly different data. The exact data or a site can be analysed by a meteorological institute.
2) statistically only 1 % of the maximum temperatures are above this data
3) approach 12 K
4) approach for wet system: 4K
5) loss of efficiency 0.35 % per ΔT K on average

Tabella 14 variazioni di efficienza di uno stesso processo produttivo in funzione delle caratteristiche climatiche del sito.

3.3.6 Perdite di rendimento negli impianti di combustione

Durante il processo di trasferimento al fluido vettore (vapore) dell'energia termica risultante dal processo di combustione una parte di questa viene perduta attraverso i gas di scarico. Le perdite totali dipendono da molteplici parametri quali il tipo di combustibile (contenuto di acqua e ceneri, dal potere calorifico, …), il rapporto aria-combustibile, la temperatura di uscita dei gas, le modalità di esercizio del generatore di vapore. Le perdite di calore dal generatore di vapore possono essere classificate come:

- perdite con i gas di scarico, che dipendono dalla temperatura finale dei gas, rapporto aria-combustibile, composizione del combustibile e dal grado di sporcamento dei fasci tubieri;
- perdite attraverso combustibile non bruciato, la cui energia chimica non è convertita in calore (la combustione incompleta causa presenza di CO ed idrocarburi nei fumi);
- perdite attraverso materiale incombusto nei residui come ceneri pesanti e volatili;
- perdite per convezione e irraggiamento, che dipendono principalmente dalla qualità dell'isolamento della caldaia.

Oltre a queste, occorre tenere conto anche dei consumi di energia per esercizio delle apparecchiature ausiliarie dell'impianto, come trasporto del combustibile, mulini del carbone, pompe e ventilatori, sistemi di estrazione della cenere, pulizia dei fasci tubieri.

Una combustione scadente diminuisce la resa economica, aumenta l'impatto ambientale e può compromettere la sicurezza dell'impianto. Alcuni parametri che influenzano più di altri la vita dell'impianto e sono monitorati per mantenere l'efficienza al massimo livello, sono:

- composizione del combustibile;
- granulometria del macinato;
- composizione dei fumi;
- portata dell'aria comburente e dei fumi;
- perdite d'aria nel combustore;
- sporcamento della caldaia;
- temperatura dell'aria e dei fumi;
- distribuzione di temperatura all'interno della caldaia;
- riduzione del tiraggio;
- profilo della fiamma;
- quantità di incombusti prodotti.

3.3.7 Tematiche per il miglioramento del rendimento nei grossi impianti di combustione

- Combustione

Il combustibile è miscelato in aria e bruciato nella caldaia. Non è possibile ottenere e mantenere un mix ideale d'aria e combustibile, perciò si rende normalmente necessaria una maggiore quantità di aria rispetto a quella stechiometrica; inoltre una parte del combustibile non brucia completamente. La temperatura dei fumi in uscita deve essere mantenuta abbastanza alta per prevenire la condensazione delle sostanze acide lungo le superfici scaldanti.

- Incombusti nella cenere

L'ottimizzazione della combustione porta a minori quantità di incombusti nelle ceneri. Occorre notare che le tecnologie di abbattimento degli NO_X attraverso la combustione porta tuttavia ad un incremento degli incombusti. Ciò potrebbe peggiorare la qualità delle ceneri volatili e rendere difficile la loro utilizzazione in applicazioni civili, dove occorre il rispetto di requisiti standard nazionali ed europei.

- Eccesso d'aria

La quantità dell'aria in eccesso dipende dal tipo di caldaia e dalla natura del combustibile, tipicamente è richiesta un eccesso del 15-20% per caldaie alimentate a polverino di carbone. Per ragioni di qualità della combustione, relativa alla formazione di CO e di incombusti, e per ragioni di corrosione e sicurezza (esplosione in caldaia), non è possibile ridurre l'eccesso d'aria oltre a determinati livelli.

- Vapore

I parametri più importanti per incrementare il rendimento dell'impianto sono la pressione e la temperatura del vapore. Nei moderni impianti di generazione, il vapore già parzialmente espanso in turbina ad alta pressione, viene ulteriormente riscaldato negli stadi di risurriscaldamento. Tali parametri termodinamici (pressione e temperatura) definiscono le caratteristiche di progetto dell'impianto e la loro variazione deve essere contenuta all'interno di intervalli piuttosto ridotti.

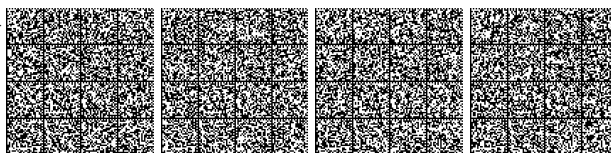
- Temperatura fumi

La temperatura dei fumi uscenti dalla caldaia varia tradizionalmente tra 120° e 220°C e dipende essenzialmente dal tipo di impianto utilizzato

- Vuoto al condensatore

Dopo aver completato l'espansione nel corpo di bassa pressione della turbina, il vapore è condensato nel condensatore cedendo il calore residuo al sistema di raffreddamento: allo scopo di garantire il massimo salto di pressione alla turbina, è conveniente aumentare il vuoto ai valori più spinti. In generale il grado di vuoto è subordinato alla temperatura dell'acqua di raffreddamento, minore per sistemi a circolazione forzata di quelli con torre di raffreddamento. Ove disponibile, la refrigerazione con acqua è normalmente quella preferibile.

- Esercizio a pressione costante e variabile

Nell'esercizio a pressione costante, la pressione all'ingresso turbina è mantenuta costante a tutti i carichi, variando l'area di passaggio del vapore all'ingresso turbina. Nell'esercizio a pressione

variabile, con l'area di ingresso turbina mantenuta costante al massimo grado di apertura, la potenza è regolata variando la pressione a monte della turbina.

- Preriscaldamento del condensato e dell'acqua alimento

Il condensato uscente dal condensatore e l'acqua di alimento alla caldaia sono riscaldati a valori di temperatura di poco inferiori alla temperatura di saturazione del vapore estratto. L'energia termica proveniente dal processo di condensazione così rimane nel sistema, riducendo la quantità di calore da rimuovere al condensatore e migliorando il rendimento.

- Cogenerazione (CHP)

La generazione combinata di calore (vapore di processo o calore urbano) e energia elettrica aumenta il rendimento del combustibile, a circa 70-90%

Le varie azioni di ottimizzazione adottate per migliorare il rendimento dell'impianto di generazione tra il 1993 e 2000, che hanno portato a una riduzione delle emissioni di CO2 pari a 11.0 Mtonn/anno, sono illustrate in Figura 9

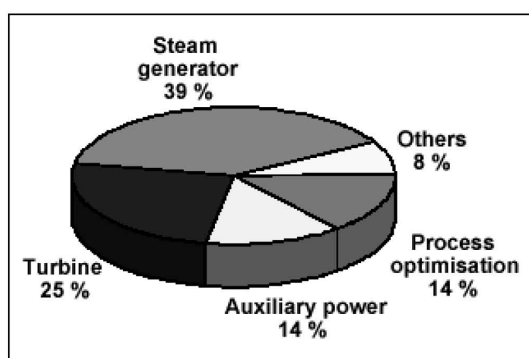
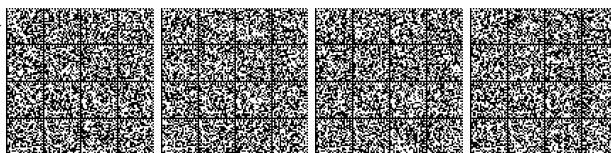



Figura 9 ottimizzazioni di rendimento dell'impianto tra 1993-2000

4 Descrizioni delle analisi elaborate in ambito comunitario per la individuazione delle MTD, con particolare riferimento, ove disponibili, alle conclusioni del Bref *Large Combustion Plants*

4.1 Combustibili gassosi

I combustibili gassosi utilizzati nei grandi impianti di combustione sono essenzialmente il gas naturale, i gas siderurgici ed i gas di sintesi.
La Tabella 15 presenta alcune caratteristiche dei combustibili gassosi utilizzati in grandi impianti di combustione (la Tabella è tratta dal BAT REFERENCE DOCUMENT).

Sostanza	**Gas naturale (mol%)**	**Gas siderurgici (BFG) (mol%)**	**Gas di raffineria (mol%)***
N_2	0-14	52-57	0
CO_2	1-2	20-21	4-5
CH_4-C_4H_{10}	84-89	0	0-46
CO	0	21-23	20-50
H_2	0	2-4	30-45
Sulfuri	0	Tracce	20-1700 mg H_2S/Nm^3
Dust	0	Dipende dal tipo di sistema di pulizia del gas normalmente <40 mg/Nm^3	0
(*)Vedi il BREF raffinerie, il range dipende dal tipo di gas (e.g. gas di sintesi, hydrogen gas coke gas, FCC gas)			

Tabella 15

4.2 Grandi impianti di combustione alimentati a gas naturale

Il gas naturale è un combustibile pulito che non dà luogo ad emissioni di SO_2 o di materiale particolato.
Le emissioni di CO_2 derivanti dalla combustione di gas naturale sono intrinsecamente molto più basse rispetto a quelle degli altri combustibili fossili
Il gas naturale viene fornito dai metanodotti principali e da diramazioni secondarie e prima di essere utilizzato nei grandi impianti di combustione il gas, a seconda della pressione disponibile per alimentare l'utenza, può essere ridotto di pressione in apposita stazione di decompressione o compresso con compressori.

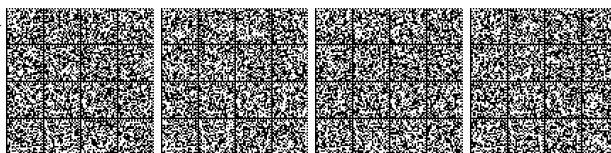
Impianti che utilizzano combustibili gassosi sono fondamentalmente:

- ·turbine a gas
- ·generatori di vapore
- ·motore a gas di grossa potenza (anche se rari).

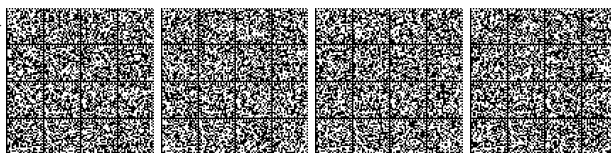
Il gas naturale ha il livello più basso di produzione specifica di CO_2 tra tutti i combustibili.

4.2.1 Turbine a gas

Le turbine a gas vengono impiegate nella produzione di energia elettrica:

- Ciclo combinato per la copertura del carico elettrico di base (con possibilità di funzionare anche in assetto cogenerativo);
- Ciclo semplice per rispondere ai carichi di punta.

Le turbine a gas possono essere utilizzate anche per mechanical drive, ovvero azionano macchine operatrici tipo compressori (stazione di compressione dei gasdotti).
Si distinguono:

- turbine a gas heavy-duty o industriali, progettate e sviluppate esclusivamente per l'impiego industriale e principalmente per la produzione di energia elettrica, oggi disponibili fino a 250÷260 MWe.
- aeroderivate, oggi disponibili fino a 50 MWe circa, hanno rendimenti più elevati delle precedenti ma traggono minor vantaggio dall'adozione di cicli combinati perché hanno temperature dei gas di scarico inferiori.

Il gas naturale è il combustibile gassoso usuale per le turbine a gas ma vengono impiegati anche gas con potere calorifico basso o medio, come il gas di gassificazione del carbone, delle biomasse, i gas da impianti siderurgici e il gas di raffineria.
Il gas da bruciare in turbina deve essere il più possibile pulito, per evitare fenomeni di sporcamento o corrosione nella macchina.
La macchina "turbina a gas" è costituita da tre elementi fondamentali: compressore, combustore e turbina di espansione (o espansore); il compressore, in genere assiale, è trascinato direttamente dall'espansore, mediante collegamento meccanico (uno o più alberi). L'aria ambiente, prima di essere alimentata al compressore, viene filtrata per evitare che, dato l'elevato flusso di aria utilizzato, si abbia sporcamento delle palettature; il compressore porta il flusso di aria a 10 - 30 bar, valore quest'ultimo raggiunto nelle turbine a gas aeroderivate o nelle grandi macchine industriali di ultima generazione.
Il combustore provvede ad innalzare la temperatura del fluido gassoso; il rendimento della macchina aumenta all'aumentare della temperatura massima finale (TIT) (in uscita dal combustore e in entrata nell'espansore); questa temperatura viene in pratica limitata dai problemi di resistenza dei materiali; la combustione completamente stechiometrica porterebbe i gas combusti fino alla temperatura di 2430 °C, livello incompatibile con l'attuale tecnologia delle turbine a gas: il range di temperatura va dai 1230 ai 1430 °C (1300°C è un valore rappresentativo delle moderne unità industriali); per avere livelli termici sopportabili dal materiale la quantità di aria al combustore è notevolmente superiore, 2 - 3,5 volte quella (circa 17 Kg per Kg di metano) corrispondente alla combustione stechiometrica; per evitare che l'eccesso di aria dia luogo a condizioni di non infiammabilità della miscela gassosa, nel combustore si realizzano una zona (primaria) di combustione con rapporto quasi stechiometrico, che assicura stabilità di fiamma, seguita da una zona (secondaria) dove viene aggiunta parte dell'aria restante per completare l'ossidazione del combustibile e quindi una terza zona (di diluizione) dove l'aria viene aggiunta per ottenere i gas combusti alla temperatura desiderata per iniziare l'espansione.
Dato che il flusso gassoso in ingresso nell'espansore può raggiungere temperature ben superiori alle massime temperature sopportate dai materiali utilizzati (indicativamente 800 °C per le superleghe e 550-600 °C per gli acciai altolegati) si può ricorrere dove necessario a rivestimenti per aumentare la resistenza del combustore e delle palette della turbina, ai materiali non metallici come le ceramiche, o al raffreddamento del corpo metallico della palettatura, almeno nei primi stadi dell'espansore; il raffreddamento è in genere realizzato con aria, con vapore o a film.
I materiali utilizzati per le turbine a gas possono essere divisi in tre gruppi: acciai inossidabili, leghe a base di nichel e leghe a base di cobalto; in generale i materiali utilizzati per i compressori sono gli stessi delle turbine a vapore; i materiali a base di nichel sono utilizzati tipicamente per le parti del combustore. Per le palette delle turbine vengono impiegate superleghe a base di nichel per le loro buone proprietà meccaniche alle alte temperature, dove occorre contrastare il fenomeno dello scorrimento viscoso (creep). L'ottimizzazione di queste superleghe riguardo alla resistenza meccanica dà luogo ad una resistenza non ottimale alla corrosione, specie alle alte temperature; vengono quindi applicati rivestimenti per migliorare la resistenza alla ossidazione e alla corrosione del materiale delle palette della turbina. Anche alle palette del compressore vengono applicati rivestimenti per aumentarne la resistenza alla corrosione dato che a basse temperature la condensa e le soluzioni acide risultano corrosive.
Nella configurazione monoalbero la turbina a gas ha tutti gli stadi mossi alla stessa velocità; l'accoppiamento diretto al generatore elettrico alla velocità di 3000 RPM consente la produzione alla frequenza fissa di rete 50 Hz; la massima potenza delle turbine a gas "heavy-duty" o industriali progettate appositamente per l'impiego stazionario è limitata dalla resistenza meccanica del materiale delle palette: essa infatti limita la velocità periferica all'apice delle palette, ovvero il diametro massimo, la massima sezione frontale e la massima portata d'aria del compressore, la quale determina la potenza della turbina.

Nella configurazione bialbero, tipicamente presente nelle turbine avioderivate, la parte di turbina a bassa pressione che genera potenza può funzionare in un esteso range di velocità; la parte ad alta pressione è disaccoppiata e muove sull'altro albero il compressore.
Il gas esausto che viene scaricato dalla turbina a gas ha ancora un elevato contenuto di ossigeno (circa 15%) e può costituire il comburente per una combustione che può avvenire successivamente in una caldaia a valle.
Questa possibilità è sfruttata ad esempio per ripotenziare una caldaia esistente installando a monte di questa una turbina a gas il cui scarico alimenta, come aria di combustione, la caldaia; questa produce la maggior parte (in genere i ¾) dell'intera potenza e si ottiene un aumento del rendimento complessivo e/o una maggiore potenzialità di cogenerazione con calore in eccesso ma a temperatura più bassa; si ottiene pure un notevole risparmio di combustibile da bruciare rispetto al caso di alimentazione di sola aria, ed infine si hanno diminuzioni consistenti di emissione di NO_X.

4.2.2 Impianti a ciclo combinato

Gli impianti in ciclo combinato sono diventati sempre più numerosi e sono costituiti essenzialmente da :

- turbina a gas e relativo generatore elettrico;
- generatore di vapore a recupero (HRSG) con possibilità di ulteriori bruciatori per la post combustione;
- turbina a vapore e relativo generatore elettrico;
- condensatore del vapore scaricato dalla turbina a vapore (il fluido refrigerante può essere l'acqua o l'aria);
- sistemi ausiliari .

I fumi scaricati dalla turbina con temperature in genere comprese tra 430 e 630 °C (a seconda del tipo di turbina a gas e delle condizioni ambientali) entrano nel generatore di vapore a recupero (HRSG) dove si ha la produzione di vapore impiegato come fluido motore nella relativa turbina a vapore (ciclo di Rankine) in genere del tipo a condensazione.
Circa 1/3 della potenza dell'intero impianto è prodotta dalla turbina a vapore ed i rimanenti 2/3 essendo prodotti dalla turbina a gas e ciò consente che il rendimento del ciclo combinato è particolarmente elevato anche in virtù di questa suddivisione, data l'elevata efficienza della conversione energetica nella turbina a gas.
Il generatore di vapore a recupero può avere configurazione orizzontale e quindi con circolazione naturale dell'acqua all'interno dei tubi, oppure verticale con circolazione forzata tramite pompe .
I fumi scaricati al camino del HRSG hanno ormai ceduto il calore all'acqua e quindi sono relativamente freddi, tipicamente attorno ai 100 °C, compatibilmente con l'insorgere di problemi dovuti alla condensazione di specie acide.
La possibilità di utilizzare l'elevato contenuto di ossigeno nei gas esausti scaricati dalla turbina a gas è sfruttata nei cicli combinati "fired"realizzando la post-combustione all'interno dello stesso generatore di vapore a recupero, nel quale viene quindi installato un bruciatore supplementare; si ottiene un aumento della produzione di vapore nel HRSG e quindi della potenza della turbina a vapore o maggiore disponibilità di vapore per l'utenza (funzionamento cogenerativo).
Nella configurazione industriale il ciclo combinato "fired" è utilizzato di frequente per controllare la produzione di vapore dall'HRSG in modo indipendente dall'uscita della turbina a gas.

4.2.3 Generatori di vapore o caldaie alimentate a gas

Questi generatori di vapore sono simili a quelli alimentati ad olio combustibile, infatti il combustibile gassoso viene spesso utilizzato come combustibile di riserva e di start-up per caldaie ad olio e a carbone. I bruciatori sono installati a diversi livelli e configurazioni: frontali, contrapposti, tangenziali.

Di seguito possiamo distinguere diversi generatori a seconda del loro utilizzo:

- Generatori con funzionamento continuo per produzione di vapore surriscaldato che viene inviato nella turbina a vapore per produrre energia elettrica; nelle moderne caldaie il vapore raggiunge condizioni supercritiche e con doppio risurriscaldamento si arriva a disporre di vapore a 290 bar e 580 °C.
- Generatori di vapore ausiliario per impianti termoelettrici, soprattutto quelli a ciclo combinato, dispongono di caldaie di potenzialità adeguata per fornire vapore leggermente surriscaldato a

bassa pressione per l'avviamento dei gruppi, per la possibile fornitura di calore alle utenze presenti nel sito e in caso di fermata dell'impianto (manutenzione / emergenza) per il riscaldamento generale.
Caldaie alimentate con combustibile gassoso come i forni di processo che servono a riscaldare in modo diretto prodotti chimici in particolare nei processi della raffinazione del petrolio ed in applicazioni di riscaldamento industriale. In tali casi si impiegano, oltre al gas naturale, anche sottoprodotti gassosi dei vari processi.

4.2.4 Rendimenti

La tabella riporta i rendimenti di impianti nuovi o già esistenti.
I valori di rendimento delle turbine a gas sono riferiti alle condizioni ISO (15 °C; 60% u.r.; 1013 mbar) , macchine nuove, pulite e che lavorano a pieno carico.
Per i cicli combinati le riduzioni di carico sono fortemente penalizzanti per il rendimento. Inoltre è da considerare il rendimento medio nell'arco di un anno, che incorpora le perdite dovute a depositi, sporcamenti, transitori di avviamento, possono portare a valori di rendimento inferiori anche del 2% rispetto a quelli indicati nella Tabella 16.

Tipologia di Impianto	Taglia massima d'impianto o sezione (MW elettrici)	Efficienza elettrica in pura condensazione (%) (*)		Efficienza termica in cogenerazione (%) (**)	
		Nuovo	Esistente	Nuovo	Esistente
Centrali elettriche con caldaie tradizionali		40÷42	38÷40		
Turbine a gas ciclo semplice		38÷42	32÷35		
Cicli combinati con turbine a gas		54÷58	50÷54	75÷85	75÷85

Tabella 16

(*) il range di rendimento dipende molto dalla sorgente fredda di raffreddamento del condensatore (condensatori once trough; circuiti di raffreddamento a torre evaporativa; condensatore ad aria)
(**) valore indicativo; dipende dal livello di potenza termica fornita.

4.2.5 Abbattimento delle emissioni

La Tabella 17 riporta le possibili tecniche per l'abbattimento delle emissioni NO_X, le principali emissioni legate alla combustione del gas naturale.
Infatti il gas naturale fornito è sostanzialmente privo di zolfo e di polveri, eliminate già alla produzione con trattamenti e lavaggi specifici; solo piccolissime quantità di composti dello zolfo dell'ordine di qualche parte per milione sono ammessi nei metanodotti.

Come si può notare i sistemi di abbattimento degli ossidi di azoto per turbine a gas o cicli combinati sono essenzialmente di tre tipi:

- iniezione di acqua o vapore;
- impiego di sistemi di combustione dry low Nox (DLN);
- riduzione catalitica selettiva (SCR).

L'iniezione di acqua o vapore è fatta direttamente nella camera di combustione delle turbine a gas. L'acqua, che deve avere requisiti di elevata purezza, ha una efficacia circa doppia rispetto al vapore che viene impiegato nei cicli combinati in quanto disponibile alla necessaria pressione.

TECNICHE	BENEFICI AMBIENTALI	APPLICABILITA'		ESPERIENZA	NOTE
		Nuovo	Esistente		
Caldaie a gas					

Ricircolo fumi	Riduzione NO_X	possibile	possibile	elevata	
Bruciatori a basso emissioni NOx	Riduzione NO_X	possibile	possibile	elevata	
Riduzione selettiva catalitica (SCR)	Riduzione NO_X	possibile	possibile	Alta	Emissione di ammoniaca (slip).
Turbine a gas in ciclo semplice e CCGT					
Iniezione di acqua o vapore in camera di combustione	Riduzione NO_X	possibile	possibile	elevata	La quantità di vapore/acqua iniettata ha un limite max legato ad aspetti tecnologici della turbina a gas.
Bruciatori Dry Low NOx	Riduzione NO_X	possibile	dipende dal caso specifico	elevata	
Riduzione selettiva catalitica (SCR)	Riduzione NO_X	possibile	possibile	Alta	Per CCGT esistenti l'adozione dell'SCR implica spazi tali da comportare il rifacimento del GVR e quindi costi elevati

Tabella 17

L'iniezione di acqua/vapore, con rapporti rispetto al combustibile di 1÷1,2 può avere influenza sui parametri operativi della turbina e riduce la vita utile dei componenti principali (combustori, pale, ugelli) a causa di shock termici sulle superfici interessate. Gli elevati rapporti acqua/combustibile o vapore/combustibile può inoltre creare problemi di instabilità di combustione dovute a pulsazioni dinamiche della fiamma.
Ormai per molti impianti esistenti e per impianti nuovi con turbine a gas si utilizzano bruciatori Dry Low NO_X.
Nell'impiego di sistemi di combustione DLN, la combustione non avviene con una fiamma diffusiva (nella quale l'apporto di comburente avviene per diffusione all'interfaccia tra combustibile ed aria) che è sostanzialmente stechiometrica, ma con una fiamma premiscelata, con rapporti di equivalenza imposto (tra 1,6 e 2) all'interno dei limiti di infiammabilità; più bassa è la temperatura di fiamma minori sono le emissioni di NO_X.
L'abbattimento degli NO_X può avvenire a valle della turbina mediante la tecnica della Riduzione Catalitica Selettiva (SCR). Il processo è basato sull'iniezione di ammoniaca nei gas combusti, a temperatura di 350÷380 °C su un catalizzatore a base di ossidi di vanadio o di tungsteno che ricopre una matrice ceramica a nido d'ape, da collocare in una sezione intermedia del generatore di vapore a recupero.
La conversione di turbine a gas esistenti, che adottano sistemi di abbattimento come l'iniezione di vapore, in sistemi con combustori DLN è tecnicamente possibile Analogamente l'installazione di sistemi SCR nei cicli combinati esistenti, anche se tecnicamente fattibile, implica modifiche sostanziali del generatore di vapore a recupero (quasi il rifacimento) tale da rendere economicamente non sostenibile tale tecnica. In aggiunta all'aspetto economico bisogna considerare la necessità di spazi, non sempre disponibile, e l'emissione dello slip di ammoniaca che comunque rappresenta un impatto a livello ambientale.

4.2.6 Livelli di emissione NO_X e CO associate alle diverse tipologie d'impianto ed alle MTD

La Tabella.[3] seguente riporta gli intervalli dei livelli di emissione NO_X e CO ottenibili con le relative MTD.

---

[3] Tutte le soluzioni tecnico-impiantistiche sopra riportate sono MTD.

Dalla tabella emerge come per turbine a gas o CCGT con bruciatori DLN, si raggiungano livelli di emissione leggermente inferiori a quelli che si raggiungerebbero utilizzano l'iniezione di vapore o acqua. La fattibilità tecnica ed economica della

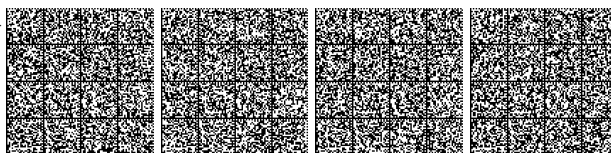
Riguardo alla minimizzazione delle emissioni di CO, MTD è considerata la completa combustione, da non considerare separatamente dalla riduzione dell' NO_X. A tal proposito è importante notare come le emissioni di NOx e CO devono essere considerate correlate l'una all'altra, ovvero non è tecnicamente possibile avere contemporaneamente basse emissioni NOx e basse emissioni di CO. In altre parole non è possibile che i livelli di emissione di questi due parametri siano contemporaneamente prossimi all'estremo inferiore dei range riportati in Tabella 18

Tipo impianto	**Stato**	**NO_X mg/Nm3 (O_2 rif. 15%)**	**CO mg/Nm^3**	**O_2 riferimento (%)**	**Possibili MTD**
Turbina a gas o CCGT senza post combustione	Nuovo	20÷50	5÷100	15	DLN; SCR
CCGT con post combustione	Nuovo	20÷50	30÷100	15	DLN per la TG; bruciatori a basso NO_X per la post combustione; SCR o SNCR
Turbina a gas o CCGT senza post combustione	Esistente	50÷90	30÷100	15	Iniezione di vapore o di acqua; SCR se lo spazio richiesto è disponibile
CCGT con post combustione	Esistente	20÷90	30÷100	15	Iniezione di vapore o di acqua per la TG. Bruciatori a basso NO_X per la post combustione; SCR se lo spazio richiesto è disponibile o SNCR
Caldaie a fuoco in funzionamento continuo	Nuovo	50÷100	30÷100	3	Bruciatori a basso NO_X; ricircolo fumi; SCR o SNCR;
Caldaie a fuoco in funzionamento continuo	Esistente	50÷120[4]	30÷100	3	Bruciatori a basso NO_X; ricircolo fumi;SCR o SNCR;

Tabella 18

conversione delle turbine a gas da steam/water injection a DLN va valutata caso per caso tenendo presente alcuni fattori estremamente importanti quali:

- Il vapore destinato all'abbattimento degli NOx potrebbe non essere destinato in turbina a vapore o altra utenza a causa di vincoli progettuali o contrattuali;
- Il vapore per l'abbattimento degli NOx viene tipicamente prodotto in una apposita sezione di media pressione del generatore di vapore a recupero. La mancanza di un impiego alternativo di tale vapore implica la gestione a "secco" della sezione interessata del generatore di vapore con ovvie ripercussioni sulla produzione di elettricità o calore, diminuzione del rendimento, con risvolti negativi in termini sia economici che ambientali.
- L'investimento deve essere economicamente sostenibile.

[4] il range prestazionale indicato nel BREF è 50-100 mg/Nm^3 , con la possibilità di fissare per il limite superiore del range un valore pari a 120 mg/Nm3.

4.3 Gas siderurgici

4.3.1 Generalità

I grandi impianti di combustione possono essere alimentati da gas siderurgici, ovvero sottoprodotti del processo di produzione dell'acciaio.
Le caratteristiche di tali gas dipendono dal processo di produzione a monte e ciò impatta sulle scelte tecnologiche della loro utilizzazione, che pertanto devono essere analizzate caso per caso.
Tali gas, data la loro composizione, contengono ancora carbonio e idrogeno da ossidare in un processo di combustione per il recupero energetico (produzione di energia elettrica e/o termica).
I gas siderurgici, a seconda del processo da cui sono prodotti, possono essere raggruppati come nella Tabella 19.
Come si può notare il PCI di tali gas è notevolmente inferiore rispetto a quello del gas naturale (indicativamente 8500 kcal/Nm^3). Negli impianti di combustione in cui si bruciano i gas siderurgici è indispensabile quindi avere la possibilità di integrare tali gas combustibili con gas naturale o olio combustibile al fine di:

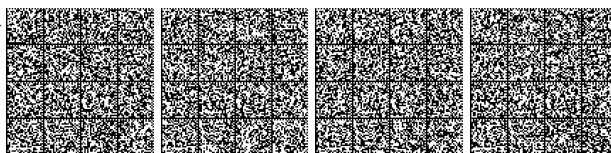
- Mantenere nel giusto range il PCI del mix di gas combustibili (stabilità della fiamma di combustione) e quindi poter disporre del giusto margine di regolazione a fronte di variazioni di qualità o quantità dei gas siderurgici;
- poter regolare eventuali richieste di carico termico o elettrico richieste all'impianto di combustione;
- eseguire correttamente le fasi transitorie come l'avviamento dell'impianto di combustione;

Nome	Descrizione	Potere Calorifico Inferiore medio (PCI dry) kcal/Nm^3
AFO	Residuo gassoso delle reazioni di riduzione del minerale di ferro che avvengono nell'altoforno per la produzione della ghisa. L'AFO viene prodotto in quantità elevate rispetto agli altri gas siderurgici ed è quello che ha il più basso potere calorifico.	730÷840
LDG	Residuo gassoso prodotto dal processo di affinazione della ghisa nel cosiddetto convertitore ad ossigeno LD (l'ossigeno per mezzo di una lancia viene insufflato nella ghisa fusa contenuta nel convertitore da cui poi vengono raccolti tali gas). Può non essere presente in tutti i siti siderurgici.	1900
COG	Residuo gassoso prodotto nel processo di cokizzazione del carbone al fine di ottenere il coke metallurgico. Tale gas ha il maggior potere calorifico se comparato agli altri gas siderurgici.	4400÷4500

Tabella 19

La composizione chimica dei gas siderurgici è ovviamente diversa a seconda del tipo di processo da cui provengono:

Composizione (v/v % dry)	AFO	COG	LDG
H_2	2,42	60,29	0,96
CO	22,72	5,04	69,24
N_2	53,68	4,46	14,89
CH_4	--	25,31	--
CO_2	21,18	1,29	14,57
O_2	--	0,29	0,34
C_2+	--	3,32	--

Gli impianti di combustione che utilizzano gas siderurgici sono:

- generatori di vapore (caldaie)
- turbine a gas in ciclo semplice
- turbine a gas in ciclo combinato con e senza post combustione

I bruciatori impiegati in tali impianti sono quindi "bruciatori policombustibile" ed insieme al trattamento del gas rappresentano la parte impiantistica più importante dal punto di vista tecnologico.

Cicli Combinati con Turbine a Gas (CCGT)
Tipicamente i gas siderurgici subiscono uno o più trattamenti di filtrazione al fine di rimuovere il particolato in essi presente e rendere i gas idonei alla combustione in turbina a gas.
Tale operazione viene eseguita tramite elettrofiltri :

- gli elettrofiltri decatramatori per il COG sono di forma cilindrica verticale con struttura interna a nido d'ape. Il particolato costituito essenzialmente da catrame si accumula sulle pareti delle celle del nido d'ape. Il particolato viene ciclicamente asportato dal filtro grazie a lavaggi con acqua.
- gli elettrofiltri depolveratori per LDG hanno forma di parallelepipedo con all'interno una serie di piastre perforate in modo da indirizzare il flusso di gas da trattare. Le particelle sottoposte all'azione del campo elettrico degli elettrodi (piastre piane) si ionizzano e vengono attratte dalle piastre su cui si depositano.
- gli elettrofiltri finali depolveratori a umido vengono utilizzati per trattare il mix dei gas AFO, LDG, COG e possono essere composti da più stadi di filtrazione con efficienza di filtrazione crescente.

Le acque derivanti dal trattamento dei gas siderurgici:

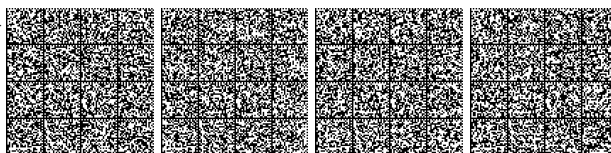
e) lavaggio dei decatramatori e degli elettrofiltri del gas LDG, lavaggio degli elettrofiltri finali e dei filtri del gas COKE, guardie idrauliche;
f) le condense linee gas;
g) le acque raccolte nella "vasca bassa conducibilità", provenienti dalla rigenerazione prefiltri.

confluiscono un impianto di trattamento acque reflue.

Si tratta di un impianto chimico - fisico, costituito dalle seguenti sezioni di trattamento:

- equalizzazione (con cloruro ferrico e soda);
- neutralizzazione (con soda);
- flocculazione (con polielettrolita anionico);
- decantazione + ispessimento fanghi + disidratazione fanghi;
- ossidazione (con acqua ossigenata);
- chiarificazione con filtri a sabbia;
- strippaggio con vapore + incenerimento in torcia dei gas;
- filtrazione a carboni attivi.

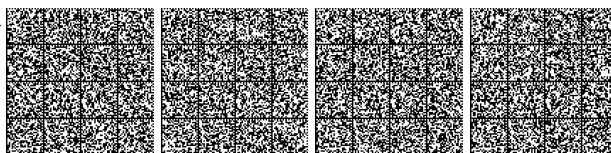
Nella quasi totalità, la portata di acqua dell'impianto di trattamento affluisce ad un serbatoio di accumulo e viene riutilizzata, in ciclo chiuso, per il trattamento dei gas e il reintegro delle guardie idrauliche, al fine di realizzare un risparmio idrico.
Al fine di rendere possibile la combustione dei gas siderurgici nelle turbine a gas inoltre la ricerca tecnologica si è dovuta concentrare essenzialmente sui combustori.
I normali bruciatori per GN sono stati pesantemente modificati per essere trasformati in bruciatori dual fuel (GN e mix gas siderurgici) a basso potere calorifico.
L'obiettivo primario è stato quello di ottenere:

- Una fiamma di combustione stabile che è indice di affidabilità di esercizio della macchina;
- adeguato eccesso d'aria e turbolenza all'interno del combustore al fine di ottimizzare la miscelazione dei gas combustibili a basso PCI ed ottenere emissioni di NO_X e CO contenute;

- temperature di fiamma confrontabili con quelle della combustione del GN sia per limitare l'emissione di NO_X che preservare la vita delle parti calde (camere di combustione, transitino pieces) della turbina a gas.

I principi fondamentali per l'abbattimento degli NO_X si basano sulle temperature di fiamma più basse possibili, bassi tempi di residenza nel combustore, uniformità di temperature.
Per raggiungere tali obiettivi i metodi principali oggi utilizzati sono:

- Iniettare un diluente come acqua o vapore nella camera di combustione con fiamma diffusiva;
- premiscelare il combustibile con una parte dell'aria di combustione (combustione magra) in una zona primaria del combustore per poi far completare la combustione in una zona secondaria in presenza di fiamma. Tale tecnica prende il nome di DLN (Dry Low NO_X).

Purtroppo la tecnica del DLN non è possibile adottarla per la combustione di gas siderurgici in quanto, data la presenza di idrogeno e ossido di carbonio in tali gas, si ha l'elevato rischio di formazione di miscele esplosive se si miscelasse prima con l'aria. Tra l'altro il pericolo di formazione di miscele esplosive con aria riguarda in generale tutto l'impianto e non solo la turbina a gas (gasdotti, filtri elettrostatici, etc.) per cui in tali impianti esistono i dovuti dispositivi di sicurezza per prevenire tali fenomeni.
Quindi il mix di gas combustibili e l'aria di combustione arrivano separatamente nel combustore dove avviene la combustione. L'azoto presente nel gas siderurgico, soprattutto nell'AFO (vedi sopra), svolge la funzione di inerte / diluente con un beneficio dal punto di vista dell'emissione di NO_X.
Soltanto nella marcia a solo GN qualora non ci fosse la disponibilità dei gas siderurgici si utilizza l'iniezione di vapore per l'abbattimento degli NO_X.
Il controllo e la regolazione del potere calorifico inferiore del mix di combustibili è quindi fondamentale. Questa operazione viene eseguita tramite l'utilizzo di calorimetri che misurano il PCI e di un miscelatore per mantenere un valore della miscela intorno a 1800 kcal/Nm^3, valore quest'ultimo che consente la stabilità della combustione. Siccome il PCI dipende dalla composizione e dal mix dei gas AFO, COG, LDG, la portata di gas naturale di integrazione non può assumere un valore fisso bensì variabile; quindi l'utilizzo del gas naturale è necessario per la valorizzazione dei gas siderurgici che altrimenti non avrebbe le giuste caratteristiche per la combustione nelle turbine a gas.

I gas siderurgici che arrivano dai rispettivi reparti di produzione devono assolutamente subire il trattamento di pulizia prima di essere inviati alla combustione in turbina a gas.
Infatti essi sono saturi d'acqua e contengono polveri ed idrocarburi liquidi che devono essere eliminati al fine di evitare erosioni e corrosioni sulla palettatura mobile del compressore o della turbina oltre che per l'impatto ambientale.
Il gas siderurgico, subito dopo il trattamento di pulizia, viene compresso tramite compressori centrifughi refrigerati interstadio per poter essere immesso in camera di combustione alla pressione di circa 20 bar. L'energia richiesta per comprimere è notevole, circa 28 MW per comprimere 175.000 Nm^3/h di mix gas siderurgici, e ciò comporta una fisiologica diminuzione di potenza elettrica prodotta.
I fumi di scarico della turbina a gas sono inviati ad un generatore di vapore a recupero per la produzione di vapore. Questi può essere predisposto con bruciatori per post combustione alimentabile con gas quali AFO e LDG.
Il vapore prodotto in questa sezione alimenta una turbina a vapore con spillamento di vapore per usi tecnologici.
I rendimento elettrico netto del ciclo combinato, considerata la potenza assorbita dal compressore, è pari a 44÷46 % circa in assetto di pura condensazione ed in condizioni ISO. Tali valori sono misurati tramite performance test mentre il rendimento medio annuale è inferiore.
Per i cicli combinati le riduzioni di carico sono fortemente penalizzanti per il rendimento. Inoltre è da considerare il rendimento medio nell'arco di un anno, che incorpora le perdite dovute a depositi, sporcamenti, transitori di avviamento, possono portare a valori di rendimento inferiori anche del 2%.
Affinché venga mantenuto il massimo rendimento del ciclo combinato è necessario che la portata di alimentazione del gas combustibile sia quanto più costante (si ottimizza così l'assorbimento di potenza del compressore).
Nella realtà i gas siderurgici vengono forniti con una portata fortemente variabile in quanto dipendente dalle fasi di lavorazione dello stabilimento siderurgico.
Quindi per ottimizzare il rendimento l'impianto CCGT deve essere dimensionato per una portata minima costante di gas siderurgico ed inviare la restante parte, che sarà soggetta alle fluttuazioni, al

post combustore installato nel generatore di vapore a recupero e/o ad una caldaia a fuoco tradizionale.

Generatori di vapore (caldaie)
Per ovvie ragioni logistiche ed economiche gli impianti di combustione alimentati con gas siderurgici sorgono nei pressi degli insediamenti industriali dove questi vengono prodotti.
I gasdotti trasportano quindi i gas siderurgici ad una pressione di circa 1,05 – 1,3 bar ed alimentano direttamente i bruciatori delle caldaie.
Il vapore prodotto da queste caldaie viene inviato in turbine a vapore per la produzione di energia elettrica o in parte utilizzato come vapore tecnologico di processo.
I rendimenti elettrici a pura condensazione sono dell'ordine del 30÷35%.
Il bruciatore policombustibile è costituito da un ugello per il mix di gas siderurgici, uno per gas naturale ed eventualmente uno spruzzatore per olio combustibile. Inoltre l'aria comburente viene regolata tramite serrande di regolazione azionate dai relativi leverismi di comando.
Gli inquinanti presenti nei fumi di combustione sono :

- polveri
- SO_2
- NO_X
- CO

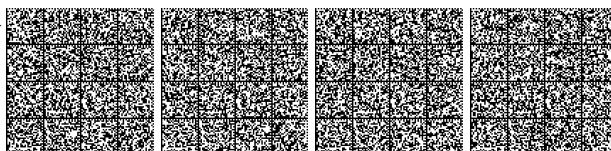
Come è facilmente intuibile la variabilità della composizione chimica di ogni singolo gas siderurgico e la percentuale del singolo gas siderurgico nel mix di combustibile influenza pesantemente il comportamento termodinamico e cinetico della combustione e conseguentemente anche le emissioni di inquinanti nei fumi scaricati al camino.
Tale aspetto vale in generale sia che si tratti di caldaie che di turbine a gas.

Si può quindi affermare che tali impianti, sia essi CCGT che caldaie, che trasformano l'energia chimica dei gas siderurgici in energia meccanica o elettrica, rappresentino la tecnologia di riferimento per questa tipologia di gas e quindi sono da considerarsi vere e proprie MTD stanti le caratteristiche chimiche con cui questi vengono forniti.
Basti inoltre pensare che, laddove non fossero disponibili impianti idonei alla combustione dei gas siderurgici, questi sarebbero smaltiti in torcia calda.

4.3.2 Migliori tecniche disponibili (MTD)

Nella Tabella 20 sono riportate le MTD per i grandi impianti di combustione alimentati con gas siderurgici.

IMPIANTO	**MTD Abbattimento NO_X e CO**	**MTD Abbattimento polveri**	**MTD Abbattimento SO_2**	**Benefici ambientali**
Caldaie a fuoco tradizionali	Bruciatori policombustibile per GS		Desolforazione eseguita già nel sito di produzione del GS	Riduzione delle emissioni specifiche di NO_X, CO, SO_2
CCGT	Bruciatori per fuel a basso PCI come i GS. Post firing per ridurre l'emissione di CO	Elettrofiltri per trattamento dei GS prima della compressione	Desolforazione eseguita già nel sito di produzione del GS	Rendimenti maggiori rispetto a caldaie tradizionali. Riduzione delle emissioni specifiche di NO_X, SO_X, polvere.

Tabella 20

4.3.3 Livelli di emissioni associate alle MTD

Da tenere presente che gli impianti che utilizzano come combustibile i gas siderurgici, sono soggetti ad una ampia e continua fluttuazione sia in quantità, sia nel mix degli stessi (AFO, COG,LDG).

La combustione dei gas siderurgici deve essere sempre sostenuta da combustibili commerciali a più alto potere calorifico (gas naturale e/o olio combustibile) allo scopo di stabilizzare la fiamma in camera di combustione.
E' evidente da quanto sopra, che a fronte di una domanda di energia elettrica e termica pressoché costante dello stabilimento a cui spesso gli impianti sono asserviti, non è possibile, per contro, mantenere condizioni stabili nel mix combustibili a differenza di quanto è invece possibile fare con impianti di produzione energia che utilizzano a regime costante i soli combustibili commerciali (olio combustibile, gas naturale).

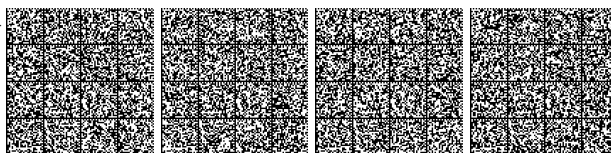
Risulta quindi tecnicamente non sostenibile la definizione ad esempio di un limite dinamico di emissione calcolabile istantaneamente come media pesata delle portate dei singoli combustibili per i rispettivi valori di emissione associate alle MTD specifiche per i singoli combustibili, dove questi ultimi derivano da MTD di impianti alimentati a condizione di regime costante ed esclusivamente alimentate con combustibili commerciali.
Oltre alle motivazioni di cui sopra, bisogna tenere presente che nel caso specifico vi è anche:
i) scarsa precisione nella misura di portata gas siderurgici nei pressi dei singoli impianti facenti parte la centrale (a differenza delle misure fiscali complessive di sito) dovuta alla fluttuazione della stessa o impossibilità tecnica di ricavare misure precise
ii) inesistenza di misure di portata di alcuni gas siderurgici nei pressi dei singoli impianti per impossibilità tecnica.
Tenendo presente che un complesso impiantistico così realizzato rappresenta comunque la tecnologia di riferimento per l'utilizzo di gas siderurgici,
Il limite di emissione associato alle MTD è riportato nella tabella che segue ed è complessivo del MIX di gas siderurgici e combustibili commerciali.
I livelli di emissione sono da riferirsi alle caratteristiche chimiche del mix dei gas siderurgici e quindi non generalizzabili alla categoria gas siderurgici.

CICLO COMBINATO

Livello di emissioni NO_x in mg/Nm^3 (O_2 rif. 15%)	Livello di emissioni CO in mg/Nm^3 (O_2 rif. 15%)	Livello di emissioni polveri in mg/Nm^3 (O_2 rif. 15%)	Livello di emissioni SO_2 in mg/Nm^3 (O_2 rif. 15%)
30-80	10-100	5-20	20-80

GENERATORI DI VAPORE

Potenza Termica (P) (MW)	Livello di emissioni NO_x in mg/Nm^3 (O_2 rif. 3%)	Livello di emissioni CO in mg/Nm^3 (O_2 rif. 3%)	Livello di emissioni polveri in mg/Nm^3 (O_2 rif. 3%)	Livello di emissioni SO_2 in mg/Nm^3 (O_2 rif. 3%)
<300	300	150-250	45-50	700-1200
>300	190-200	150-250	30-45	380-420

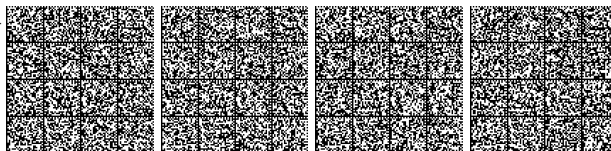
Tabella 21

4.4 Gas di sintesi

4.4.1 Generalità

Un altro combustibile gassoso che può essere utilizzato è il gas di sintesi prodotto nei processi di ossidazione parziale in raffineria.

Nelle raffinerie i processi di distillazione separano i componenti leggeri ad alto valore di mercato (distillati) dalle frazioni più pesanti; queste ultime possono presentarsi in fase solida o semisolida (asfalto) oppure in fase liquida (oli vari o tar).
Nelle raffinerie è necessario produrre idrogeno indispensabile per i processi di idrotrattamento di prodotti intermedi, di hydrocracking e altro; per tale scopo è ampiamente utilizzata, assieme al processo di steam reforming, l'ossidazione parziale con ossigeno di un'ampia varietà di idrocarburi; la carica del processo è quasi completamente attraverso la reazione substechiometrica con ossigeno puro in presenza di vapor d'acqua, in un gas ricco di idrogeno e monossido di carbonio.
Il processo completo che porta all'ottenimento di syngas utilizzabile come combustibile per la turbina a gas è ampiamente descritto nelle linee guida sulle migliori tecniche disponibili del settore raffinerie.

E' così possibile produrre, in maniera integrata con i processi di raffineria, non solo idrogeno e gas di sintesi di base per processi chimici, calore e vapore per la raffineria, ma è conveniente produrre anche energia elettrica purificando il gas di sintesi per alimentare la turbina a gas di un ciclo combinato (IGCC - Integrated Gasification Combined Cycle) simile a quello precedentemente descritto al 5.2.2.
La tecnologia IGCC presenta una elevata flessibilità nei confronti del tipo di combustibile utilizzato e permette di raggiungere alti rendimenti globali; si hanno inoltre basse emissioni e residui finali facilmente smaltibili.

In Italia sono stati realizzati tre impianti, per un totale di circa 1,3 GW di potenza elettrica; è inoltre in progetto per un'altra raffineria un impianto a ciclo combinato costituito da tre sezioni una delle quali sarà parzialmente alimentata con il gas di sintesi prodotto dalla gassificazione di idrocarburi pesanti.

4.5 Olio combustibile e orimulsion

4.5.1 Generalità

Le modalità di utilizzo dell'olio combustibile e dell'Orimulsion[5] risultano analoghe a quelle per il carbone. Tali combustibili vengono infatti bruciati in caldaie che da un punto di vista funzionale risultano simili tra loro. Inoltre la combustione da luogo a prodotti (ossidi di zolfo ed azoto, particolato, etc.) che richiedono di tecniche di abbattimento simili. Tali tecniche sono riportate nel capitolo 6.

4.5.2 Movimentazione e stoccaggio dei combustibili

I combustibili liquidi sono approvvigionati tramite oleodotti, navi, autobotti, treni in funzione delle disponibilità.
I combustibili liquidi vengono stoccati in serbatoi la cui capacità varia dai 1.000 ai 100.000 m^3 di tipologie costruttive differenti, dettate sia dalle dimensioni sia dalle caratteristiche dei combustibili in essi stoccati.
Tra i più diffusi si ricordano i serbatoi a tetto galleggiante, la cui geometria variabile evita il formarsi di sacche d'aria le quali potrebbero determinare situazioni pericolose.
In funzione delle caratteristiche dei materiali stoccati i serbatoi possono essere dotati di impianti per mantenere il combustibile a temperatura idonea ad un suo utilizzo / movimentazione.
La normativa in materia definisce regole molto precise per quanto riguarda le modalità di movimentazione e stoccaggio dei combustibili liquidi ed a essa si rimanda per ulteriori approfondimenti.
Caratteristiche chimiche
Caratteristica che definisce i combustibili liquidi è il suo contenuto di zolfo. Per quanto riguarda gli oli si ricorda che una definizione molto diffusa identifica gli oli come ATZ (alto tenore di zolfo - > 2,5 %), MTZ (medio tenore di zolfo – 2,5 ÷ 1 %), BTZ (basso tenore di zolfo – 1 ÷ 0,5 %) e, più recentemente anche se impropriamente, STZ (senza tenore di zolfo – 0,5 ÷ 0,25 %).
Negli oli sono evidentemente presenti altre impurità, quali ad esempio i metalli, le quali caratterizzano le emissioni al camino.

4.5.3 Utilizzo dei combustibili liquidi

Tenuto conto del campo di applicazione delle presenti Linee Guida, i combustibili liquidi vengono utilizzati in caldaie costruttivamente molto simili a quelle per il carbone. I sistemi di combustione impiegati sono di diverse tipologie sia per la posizione in caldaia(frontali, tangenziali, etc.) sia per i sistemi di polverizzazione dell'olio impiegati (a vapore, a pressione differenziale, etc.).
I combustibili liquidi vengono anche utilizzati, in quantità comunque di gran lunga inferiori, come alimentazione di turbogas, al cui paragrafo si rimanda.

4.5.4 Emissioni

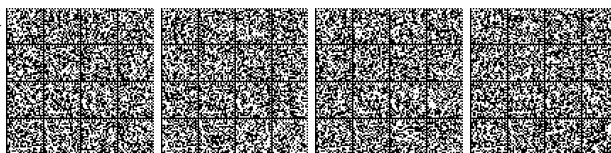
Particolato solido

Il particolato è generato da due fenomeni principali:

·Materiale proveniente dalle componenti organiche del combustibile non completamente combuste; possono essere identificate come:
- idrocarburi incombusti;
- particolato generato in fase gassosa o per pirolisi;
- cenosfere prodotte in fase liquida;
- ceneri provenienti dalla componente inorganica del combustibile.

Il particolato così prodotto si deposita sui fasci tubieri della caldaia provocando incrostazioni che possono ridurre le sezioni di passaggio dei fumi. Diventa così necessario provvedere periodicamente alla pulizia della caldaia.
Le ceneri leggere vengono trascinate nella corrente gassosa dei fumi e rimosse nella quasi totalità negli impianti di trattamento.

---

[5] Dicesi orimulsion, l'emulsione del bitume proveniente dall'Orinoco in acqua.

Tra gli impianti di abbattimento utilizzati ricordiamo gli elettrofiltri ed i cicloni. Questi ultimi, stante le capacità di abbattimento piuttosto limitate, sono presenti solo sugli impianti più vecchi.
Da segnalare che i filtri a manica, impiegati negli impianti a carbone, non possono essere utilizzati in quelli a combustibile liquido stante le caratteristiche chimico / fisiche delle polveri, le quali provocherebbero lo sporcamente quasi immediato del filtro con i relativi inconvenienti di funzionamento.

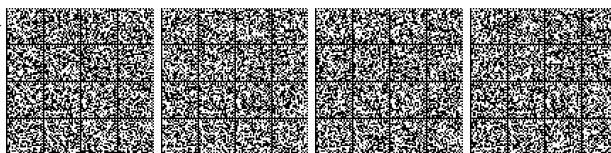
Anidride solforosa (SO_2)

Gli impianti di abbattimento della SO_2 sono gli stessi di quelli descritti nel paragrafo relativo.
E' da notare che grazie alla possibilità di disporre e di movimentare oli di qualità diverse, è possibile gestire le emissioni di SO_2 all'origine, utilizzando cioè combustibili con contenuti di zolfo opportuni.
Si può ricorrere ad opportuni mix di combustibili, anche se con difficoltà dovute alla disponibilità di serbatoi di servizio ed a causa delle differenti caratteristiche chimico / fisiche; queste ultime possono, in alcuni casi, impedire l'applicazione della miscelazione degli oli.
Si sottolinea che, stante la possibilità offerte dal mercato di reperire oli con tenori di zolfo variabili in un range relativamente ampio, l'utilizzo di desolforatori in impianti a combustibili liquidi risulta molto ridotto.

Ossidi di azoto (NO_X)

La formazione degli ossidi di azoto dipende da numerosi fattori, fra i quali si citano quale esempio il contenuto di azoto nel combustibile e le temperature in gioco in fase di combustione.
Per un contenimento di tali composti, si ricordi che con il termine generico di ossidi di azoto si indica la somma di NO e di NO_2, si può ricorrere sia ad impianti di abbattimento sia a misure primarie.
Queste ultime si basano sull'effetto di contenimento generato dalla riduzione della temperatura di combustione e dalla combustione in difetto di ossigeno.
Tutte le tipologie di intervento al momento disponibili da un punto di vista industriale sono riportate nel paragrafo dedicato ai sistemi di abbattimento.

Ammoniaca

L'emissione di NH_3 può essere conseguenza dell'eccesso di reagente usato nei sistemi DeNOx di tipo SNCR e SCR. Può essere considerata MTD il conseguimento di concentrazioni in emissione inferiori a 5 mg/Nm^3

4.6 Carbone

4.6.1 Generalità

Come già detto nel paragrafo dedicato ai combustibili liquidi, le emissioni prodotte nella combustione del carbone necessitano di tecniche di abbattimento simili a quelle utilizzate per i combustibili liquidi. La descrizione di tali tecniche, comuni quindi all'olio ed all'Orimulsion, è riportata nel capitolo 6.
Con riferimento al Decreto del Presidente del Consiglio dei ministri del 8 marzo 2002 "Disciplina delle caratteristiche merceologiche dei combustibili aventi rilevanza ai fini dell'inquinamento atmosferico, nonché delle caratteristiche tecnologiche degli impianti di combustione" con la dizione "combustibili solidi si intendono il carbone da vapore, il coke metallurgico e da gas, l'antracite, i prodotti antracitosi e loro miscele, gli agglomerati di lignite ed il coke da petrolio.
Il presente capitolo tratterà in maniera più diffusa il carbone in quanto esso rappresenta il combustibile maggiormente diffuso presso i grandi impianti di combustione.
I combustibili solidi sono approvvigionati tramite navi, treni o trasporto su gomma, in relazione alle distanze ed alle quantità utilizzate.
Il carbone è generalmente stoccato in cumuli in aree aperte (carbonili), di capacità tale da assicurare una autonomia di funzionamento all'impianto di alcuni mesi, indicativamente da 1 a 3. Sono comunque possibili stoccaggi coperti, che assicurano una migliore protezione dalle emissioni diffuse. Tale soluzione comunque risulta piuttosto costosa.
Una volta scaricato nel carbonile il carbone è generalmente trasferito all'impianto tramite nastri.

Lo stoccaggio e la movimentazione del carbone può causare la generazione di polveri diffuse (fugitive emissions). Al fine di limitare tali emissioni, i cumuli vengono generalmente spruzzati con acqua, alla quale vengono a volte aggiunte sostanze aventi un effetto "incrostante", capaci cioè di formare una pellicola sul mucchio di carbone tale da evitarne l'erosione da parte del vento. Nel corso delle operazioni di movimentazione del carbone sono prese tutte le attenzioni al fine di ridurre al minimo la generazione di polveri diffuse.
Per quanto riguarda il trasporto su nastri, essi sono chiusi e tenuti in leggera depressione, sempre al fine di evitare spandimenti della polvere all'esterno.

4.6.2 Preparazione del carbone

Combustione di polverino di carbone
Prima di arrivare in caldaia il carbone è sottoposto alle seguenti azioni:

- vagliatura ed eventuale frantumazione delle pezzature più grosse. Tale operazione serve ad assicurare una omogeneità del materiale da un punto di vista meccanico;
- pulizia da eventuali materiali ferrosi. La presenza di materiali ferrosi può essere pericolosa per le parti meccaniche (esempio i nastri);
- pesatura;
- macinazione. Il carbone arriva nei mulini che provvedono a macinarlo finemente fino a ridurlo a dimensioni di polverino. Tale azione consente l'utilizzo di grandi quantità di combustibile con alti rendimenti e facilità di regolazione dei processi;
- essiccazione. Al carbone viene levata l'acqua presente al fine di migliorare il rendimento;
- classificazione. Una volta polverizzato, il carbone viene ulteriormente classificato per eliminare le parti più grosse, che vengono rimandate al mulino, mentre il polverino viene inviato nei bruciatori.

Combustione in letto fluido
Il carbone da utilizzare in una caldaia a letto fluido necessita di essere spezzettato in dimensioni che variano tra i 3 ed i 20 mm.
Il carbone così preparato viene inviato direttamente in caldaia.

Impianti di generazione
Il processo di generazione dell'energia negli impianti a condensazione segue i principi generali esposti nel capitolo dedicato alla combustione al quale si rimanda per i dettagli tecnici.
Si ricorda che possono essere utilizzate caldaie a condensazione (con estrazione delle ceneri di fondo a secco ed a umido), a letto fluido (pressurizzato, a pressione atmosferica), a griglia (tale tipo è poco usato negli impianti aventi le potenzialità di cui si occupano le presenti Linee Guida).

Tecniche di abbattimento degli inquinanti
Negli impianti che utilizzano carbone possono trovare applicazione le tecniche descritte nel paragrafo dedicato agli impianti di abbattimento (elettrofiltri, DeSOx, OFA, bruciatori a bassa produzione di NO_X, reburning, DeNOx catalitici e non catalitici).
E' da segnalare anche tecniche non tipicamente impiantistiche quali il "fuel switch", il controllo dei livelli minimi di ossigeno e, in via più generale, l'applicazione di sistemi di gestione ambientale.
Tali tecniche saranno descritte dettagliatamente nel capitolo 6.

4.6.3 Livelli di emissione indicativi provenienti da impianti dotati di MTD per olio combustibile e carbone

Le due tabelle seguenti risultano dal documento BREF *Large Combustion Plants* Luglio 2006

CARBONE						
	IMPIANTI ESISTENTI			IMPIANTI NUOVI		
CAPACITA' MWt	POLVERI mg/Nm^3	SO_2 mg/Nm^3	NO_X mg/Nm^3	POLVERI mg/Nm^3	SO_2 mg/Nm^3	NO_X mg/Nm^3
50-100	5-30	200-400	90-300	5-20	200-400	90-300
100-300	5-25	100-250	100-200	5-20	100-200	100-200
>300	5-20	20-200	90-200	5-10	20-150	90-150

Tabella 22 Ossigeno di riferimento 6%

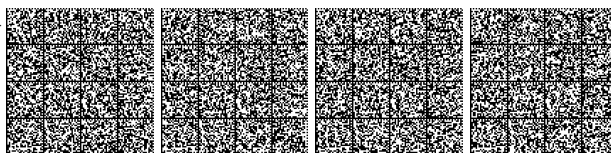
OLIO						
	IMPIANTI ESISTENTI			IMPIANTI NUOVI		
CAPACITA' MWt	POLVERI mg/Nm^3	SO_2 mg/Nm^3	NO_X mg/Nm^3	POLVERI mg/Nm^3	SO_2 mg/Nm^3	NO_X mg/Nm^3
50-100	5-30	100-350	150-450	5-20	100-350	150-300
100-300	5-25	100-250	50-200	5-20	100-200	50-150
>300	5-20	50-200	50-150	5-10	50-150	50-100

***Tabella 23* Tabella** Ossigeno di riferimento 3%

Acidi cloridrico e fluoridrico

La desolforazione ad umido o di tipo semi-secco ("spray-dry), sono efficaci anche ai fini della rimozione di eventuali altri composti acidi presenti (98-99 %). I livelli di emissioni associati a tali MTD sono rispettivamente di 1-10 mg/Nm^3 per HCL e di 1-5 mg/Nm^3 per HF.

Nel caso di apparecchiature a letto fluido circolante è possibile ottenere buoni livelli di abbattimento di SO_x anche tramite l'iniezione di calcare in camera di combustione. In tal caso il livello di emissione per HCL è più alto (15-30 mg/Nm^3)

Ammoniaca

L'emissione di NH_3 può essere conseguenza dell'eccesso di reagente usato nei sistemi DeNOx di tipo SNCR e SCR. Può essere considerata MTD il conseguimento di concentrazioni in emissione inferiori a 5 mg/Nm^3.

4.6.4 Rendimenti indicativi provenienti da impianti dotati di MTD per olio combustibile e carbone

La *Tabella 24* Tabella 25 seguente riporta indicativamente i rendimenti per impianti con MTD per olio combustibile e carbone, tratta dalla corrispondente Tabella del Bref per quanto riguarda il carbone.

TIPOLOGIA DI COMBUSTIBILE	STATO DELL'IMPIANTO	RENDIMENTI(%)
Solido	Nuovo	43-47
Solido	Esistente	33-40
Liquido	Nuovo	43-47
Liquido	Esistente	35-40

***Tabella 24* Tabella 25**

I valori riportati sono da considerarsi del tutto indicativi, e passibili di variazioni poiché i valori dei rendimenti sono influenzati anche dal regime di funzionamento degli impianti (avviamenti e fermate); tali regimi sono determinati dal Gestore della Rete Nazionale (GRTN) sulla base delle esigenze della rete di trasmissione.

4.6.5 Coke di petrolio

Il coke di petrolio, detto anche petcoke, è il residuo solido che si ottiene dal coking, un processo di raffineria nel quale, mediante piroscissione e successive reazioni di ricombinazione, frazioni petrolifere pesanti vengono convertite in prodotti leggeri (gas e benzine), distillati medi e coke residuo. Il pet coke trova impiego sia come combustibile, soprattutto nell'industria del cemento e negli impianti di produzione dell'energia, sia come materia prima, ad esempio nell'elettrometallurgia. Pur essendo a tutti gli effetti un derivato del petrolio, il coke di petrolio, come combustibile, è sempre stato assimilato al carbone, in quanto i prodotti presentano strette analogie: molto simili come aspetto fisico, presentano la stessa logistica della manipolazione ed hanno la medesima destinazione finale come fonte di energia sia negli impianti termici che in altre applicazioni industriali.
Per quanto riguarda l'impiego come combustibile negli impianti a combustione, si segnalano gli impianti a combustione a letto fluido e gli impianti di gassificazione integrata a ciclo combinato (IGCC). Per quanto riguarda la prima tecnologia, il coke di petrolio viene generalmente bruciato in letto fluido circolante (CFBC), caratterizzato da alte velocità di fluidizzazione e ricircolo delle particelle, che assicurano un'alta efficienza di combustione anche con combustibili a basso contenuto di sostanze volatili, e quindi poco reattivi, come il coke di petrolio. Per quanto riguarda la gassificazione, il coke di petrolio, sebbene contenga alti livelli di zolfo e di metalli pesanti,peraltro compensati dal basso contenuto di ceneri e dall'elevato potere calorifico, è un tipo di combustibile il cui utilizzo nel processo di gassificazione non comporta particolari problemi; da segnalare a tale scopo l'esperienza maturata nel progetto dimostrativo di Puertollano (Spagna), dove un impianto IGCC da 335 MWe, gestito da un consorzio di cui fa parte anche ENEL, viene alimentato con coke di petrolio, residuo della raffineria locale, miscelato al 50/50 con carbone.
Il coke di petrolio viene infine largamente utilizzato nel ciclo di produzione del cemento. Lo zolfo, anche se presente in alta percentuale, analogamente a quanto avviene nella combustione a letto fluido viene fissato stechiometricamente nel clinker durante il processo produttivo, contenendo drasticamente le emissioni di SO_2. In tali impianti il coke viene utilizzato molto spesso in miscela con il carbone.

Sebbene ritenuto molto interessante dal punto di vista energetico ed economico (soprattutto se prodotto in loco), l'impiego del coke di petrolio negli impianti di combustione, a causa delle sue caratteristiche composizionali, è ritenuto da più parti problematico dal punto di vista ambientale.

Tuttavia occorre rilevare che i problemi di natura ambientale che si incontrano con il coke di petrolio non differiscono, almeno qualitativamente, da quelli ben conosciuti che generalmente contraddistinguono l'impiego di altri combustibili (fossili e non) in cui sono presenti significative quantità di zolfo, azoto e metalli pesanti. Nel seguito vengono illustrate le principali tecnologie che vengono utilizzate per contenere l'impatto ambientale negli impianti di combustione che utilizzano il coke di petrolio come combustibile.

Emissioni di SO_X
Di scarsa rilevanza negli impianti IGCC, in cui quasi tutto lo zolfo (fino al 99%) presente nel combustibile può essere recuperato come zolfo elementare, e di modesta consistenza sia nei letti fluidi che nella produzione di cemento, dove vengono tenute sotto controllo dalle caratteristiche neutralizzanti dei due processi, le emissioni di SO_2 e SO_3 correlate all'uso del petcoke possono essere un serio problema nelle caldaie a polverino, dove esso da luogo ad emissioni molto ricche di SO2. In tali impianti diventa indispensabile l'impiego delle più efficienti tecnologie FGD (Flue Gas Desulphurisation) per la desolforazione dei fumi. Nel caso dei letti fluidi un dato operativo tipico è di una emissione di SO_2 di 50 mg/Nm^3 al 6% di O_2, con un'efficienza di desolforazione pari a circa il 99%.

Emissioni di NO_X
Rappresentano un problema significativo nella combustione del petcoke. Come avviene per gli altri combustibili il loro contenimento si basa essenzialmente sul perfezionamento dei processo di combustione e su un appropriato trattamento degli effluenti gassosi. Molto efficienti in tal senso si sono dimostrati i sistemi di abbattimento: post-combustione SCR (Selective Catalityc reduction) e SNCR (Selective Non-Catalytic Reduction), quest'ultima particolarmente adatta ad impianti a letto fluido. Nel caso dei letti fluidi un dato operativo tipico è di una emissione di NO_X di 100 mg/Nm^3 al 6% di O_2.

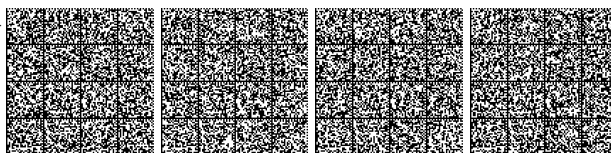
Emissioni di sostanze organiche
Per quanto riguarda il coke di petrolio non si dispone allo stato attuale di sufficienti dati di letteratura per una valutazione di tali emissioni. Nella composizione chimica del coke di petrolio viene tuttavia spesso riscontrata la presenza di cloro (0,01-0,03 %) e ciò rende potenzialmente possibile la formazione di sostanze organiche clorurate, con la conseguente necessità di accurati monitoraggi degli effluenti gassosi e di adeguato trattamento, ad esempio con carboni attivi.

Emissioni di polveri
Negli impianti di combustione del petcoke, dato l'elevato contenuto di metalli pesanti (in particolare Ni e V), l'emissione di polveri nell'atmosfera deve essere attentamente monitorata e contenuta: a tale scopo vengono ampiamente utilizzati i precipitatori elettrostatici, talvolta sovradimensionati per aumentarne l'efficienza, ed i filtri a maniche con filtri in tessuto (baghouse).

La tecnologia SNOX
E' una delle tecnologie innovative tra le più avanzate per il trattamento dei fumi di combustione da impianti termici. Il processo SNOX è stato applicato efficacemente alla combustione del petcoke nella raffineria AgipPetroli di Gela, dove la locale centrale termoelettrica si è dotata di questa tecnologia per il trattamento dei fumi provenienti dalle tre caldaie alimentate a petcoke.

4.7 Tecniche per la combustione delle biomasse

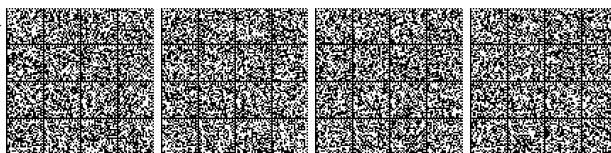
4.7.1 Premessa

Il termine "biomassa" individua un'ampia gamma di materiali di origine biologica classificabili, secondo la vigente normativa nazionale, come dei veri combustibili (es. legna da ardere) o come rifiuti (es. scarti vegetali, rifiuti della lavorazione del legno, ecc.).
La definizione di biomassa più in linea con la nostra trattazione risulta essere, dal punto di vista normativo, quella riportata nella Direttiva 2001/80/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 23 ottobre 2001 concernente la limitazione delle emissioni nell'atmosfera di taluni inquinanti originati da grandi impianti di combustione.
In tale normativa vengono definiti come "biomassa" i "prodotti costituiti interamente o in parte di materia vegetale di provenienza agricola o forestale, utilizzabili come combustibile per recuperare il contenuto energetico ed i rifiuti seguenti usati come combustibile:

a) Rifiuti vegetali derivanti da attività agricole e forestali;
b) Rifiuti vegetali derivanti dalle industrie alimentari di trasformazione, se l'energia termica generata è recuperata;
c) Rifiuti vegetali fibrosi della produzione di pasta di carta grezza e di produzione di carta dalla pasta, se sono coinceneriti sul luogo di produzione e se l'energia termica generata è recuperata;
d) Rifiuti di sughero;
1) Rifiuti di legno ad eccezione di quelli che possono contenere composti organici alogenati o metalli pesanti, a seguito di trattamento o di rivestimento, inclusi in particolare i rifiuti di legno di questo genere derivanti da rifiuti edilizi e di demolizione".

Il termine "biomasse" identifica dunque un'ampia gamma di materiali di varia origine e provenienza che possono differire enormemente fra di loro in termini di caratteristiche chimico-fisiche, ma che sono accomunate dalla natura di fonte rinnovabile di energia.
Una delle principali fonti di biomasse è costituita dagli scarti legnosi quali le cortecce, trucioli scarti di potatura, pannelli e altri residui da impianti per la produzione della pasta di carta o segherie, ecc., tutti materiali caratterizzati da contenuti di umidità piuttosto elevati. Sebbene le caratteristiche chimico fisiche differiscano sensibilmente in funzione della pianta di origine, essi possono essere, in prima approssimazione classificati come scarti forestali o dell'industria di lavorazione del legno. Delle differenti caratteristiche si dovrà tuttavia tenere conto nella messa a punto dei relativi sistemi di stoccaggio, movimentazione, combustione e trattamento dei fumi.
Una tipologia di biomasse che va assumendo sempre più rilevanza è costituita dagli scarti dell'industria del legno quali piccoli alberi, rami, cime, che trovano per lo più impiego nell'industria di produzione della carta.
Altro scarto di origine agricola è costituito dalla paglia che trova applicazione, soprattutto nei Paesi del Nord Europa, come combustibile per centrali di teleriscaldamento e per la produzione combinata di energia elettrica e termica, per potenzialità fino a 40 MWe. Il suo utilizzo è limitato dagli alti tenori di cloro presenti, che possono dare luogo a marcati fenomeni di corrosione, in particolare nella sezione di surriscaldamento del vapore.
Altre biomasse impiegabili per la combustione sono costituiti da scarti dell'industria olearia (noccioli, sanse), e da vegetazioni di tipo lacustre (es.: canne); esse sono tutte caratterizzate da elevati contenuti di alcali (Na, K).
Contrariamente a quanto discusso nel BREF per i grandi impianti di combustione (non verranno qui prese in esame le tecniche relative alla combustione della torba. Tale materiale, che non può essere considerato una biomassa, ma che presenta rispetto a molte di esse caratteristiche similari, non trova applicazioni in Italia, essendo il suo impiego per lo più circoscritto ad alcune realtà del Nord Europa (Finlandia, Irlanda), nelle quali è disponibile in quantità piuttosto rilevanti. Le sue particolari caratteristiche (bassa densità e limitato potere calorifico) ne hanno da sempre limitato il suo consumo a livello locale, essendo i costi di trasporto su lunghe distanze del tutto proibitivi.

4.7.2 Tecniche e processi applicati

Trasporto, stoccaggio e movimentazione di biomasse
Il trasporto di biomasse viene effettuato tramite autoarticolati, trailers, autocarri e, su brevi distanze, anche tramite trattori.
Per lo stoccaggio di biomasse in pezzatura ridotta si fa uso di silos chiusi, mentre materiali grossolani, quali chips o cortecce, possono essere stoccati in mucchi all'aperto, mantenendo al coperto solo i quantitativi di uso giornaliero.
Dallo stoccaggio i combustibili sono, di norma, trasferiti all'impianto di combustione, tramite nastri trasportatori, che nel caso di materiali pulverulenti sono di tipo chiuso.
Un caso particolare è costituito dalla paglia, quasi sempre movimentata in balle del peso indicativo di 400-700 kg cadauna. Per lo scarico dei mezzi di trasporto si rende necessaria un'apposita gru che deposita le balle in un'area di stoccaggio, di volume tale da coprire 2-3 giorni di funzionamento dell'impianto al carico.

Pretrattamenti
Il prettamento principale richiesto per le biomasse è costituito dalla riduzione del contenuto di umidità, che per alcune tipologie di materiali legnosi può risultare piuttosto elevato.

Sono per lo più impiegati essiccatori a vapore, di norma disponibile presso l'impianto. L'essiccamento può essere anche effettuato tramite i fumi di combustione prima dello scarico al camino; questa modalità può dare tuttavia luogo a emissioni di composti organici con conseguenti problemi di intasamento delle apparecchiature (condensazione dei composti più pesanti) e/o di rilascio di emissioni odorose, a causa della presenza di composti aromatici.

Aspetti specifici della combustione di biomasse
La combustione delle biomasse in impianti di taglia medio-grande viene effettuata in apparecchiature concettualmente simili a quelle impiegate per il carbone, anche se "specializzate" per l'impiego dello specifico combustibile e che possono essere classificate come:

- Apparecchiature a griglia;
- apparecchiature a letto fluido.

Apparecchiature a griglia
Sono le apparecchiature di più antica concezione per la combustione delle biomasse, prima dell'avvento di quelle a letto fluido, comparse nella prima metà degli anni '80 e che sono divenute attualmente le apparecchiature più utilizzate nei nuovi impianti con capacità termica superiore ai 50 MWt.
Anche se concettualmente simili a quelle impiegate per il carbone, le griglie per la combustione di biomasse sono specifiche, in quanto caratterizzate da un'adeguata pendenza, analogamente a quanto previsto per la combustione dei rifiuti. Esse possono inoltre essere di tipo fisso o mobile; quest'ultime garantiscono migliori condizioni di combustione.
Nei moderni sistemi a griglia il sistema di controllo della combustione è in grado di garantire un'ottima distribuzione dell'aria comburente, dando luogo di conseguenza a livelli di incombusti molto ridotti nei fumi.
In alternativa alla configurazione classica, può essere adottata la configurazione cosiddetta "spreader stocker", nella quale un sistema di distribuzione posto in corrispondenza di una parete della camera alimenta in sospensione il materiale nella direzione opposta a quella di movimento della griglia. In questo modo è possibile assicurare tempi di residenza direttamente proporzionali alle dimensioni delle particelle di combustibile, essendo quelle più grandi alimentate più lontano dalla parete stessa.
Le apparecchiature a griglia sono le uniche impiegabili per la combustione mono-materiale della paglia, a causa della sua tendenza a sinterizzare e fondere che rende impraticabile l'impiego dei letti fluidi.

Apparecchiature a letto fluido
Le apparecchiature a letto fluido sono attualmente quelle che trovano maggiore impiego nei nuovi impianti per la combustione di biomasse.
Esse hanno una capacità termica di norma inferiore a 200 MWt e possono essere dimensionate anche per la combustione di altri combustibili a limitato potere calorifico (es. torba, CDR), nonché del carbone (in alcune realtà del Nord Europa è frequente il caso di "co-combustione")
Sono apparecchiature abbastanza flessibili che possono tollerare elevati tenori di umidità e non richiedono una riduzione molto spinta (polverizzazione) delle dimensioni del combustibile.
Essi si distinguono in letti fluidi bollenti (BFBC) e letti fluidi circolanti (CFBC); per una loro descrizione di dettaglio si rimanda a quanto riportato nel paragrafo 4.6 riguardante la combustione del carbone.
I letti fluidi bollenti sono per lo più impiegati per impianti di taglia piuttosto ridotta per la produzione di energia e nell'industria, dove la disponibilità dell'apparecchiatura risulta prioritaria. Per taglie più grandi sono preferibili i letti fluidi circolanti, in grado di garantire un migliore controllo della combustione. Le applicazioni tipiche sono gli impianti di teleriscaldamento e le caldaie per la produzione di energia elettrica.
Nei letti fluidi è possibile conseguire un migliore controllo delle emissioni di SO_2 e NO_X rispetto alle altre tipologie di apparecchiature di combustione.
La riduzione della SO_2 può essere conseguita tramite iniezione di un reagente alcalino (calcare, dolomite) direttamente in camera di combustione, con efficienze di rimozione piuttosto elevate nei letti fluidi circolanti (fino a 90%) e minori nei letti bollenti (30-40%).
Il contenimento delle emissioni di NO_X può invece essere conseguito grazie ai ridotti livelli di temperatura operativa (850 °C circa) e l'impiego di una adeguata distribuzione e ripartizione fra primaria e secondaria dell'aria di combustione.

Gassificazione

Le biomasse possono essere sottoposte a gassificazione, di norma effettuata in apparecchiature a letto fluido, per la quale sono richieste temperature operative piuttosto ridotte (700-1000 °C), a causa della loro elevata reattività.
Un grosso limite della gassificazione consiste nel fatto che, al fine del conseguimento di condizioni di funzionamento ottimali che evitino, per quanto possibile, la formazione di composti pesanti indesiderati (TAR), l'intervallo possibile per le temperatura operativa risulta essere piuttosto ristretto. Questo fattore può rendere antieconomica la realizzazione di nuovi impianti basato su questa tecnica, rispetto a quelli che fanno uso di apparecchiature tradizionali di combustione.

Co-combustione di biomasse con altri combustibili
Sono presenti, soprattutto nei Paesi del Nord Europa, esperienze di combustione di biomasse con altri combustibili quali carbone, torba o scarti legnosi.
Le ragioni alla base della co-combustione possono essere diverse.
La principale consiste nel fatto che sovente la disponibilità di biomasse a livello locale non giustifica economicamente la realizzazione di un impianto di taglia ridotta.
La co-combustione con combustibili fossili ad alto contenuto di zolfo consente invece di ridurre, a livello locale, sia le emissioni di SO_2 che di gas serra, essendo la CO_2 prodotta da biomasse non contabilizzata ai fini del relativo computo.
Le apparecchiature a letto fluido, soprattutto se di tipo circolante, si prestano agevolmente alla combustione di un'ampia gamma di materiali, che possono essere trattati nelle cosiddette "caldaie multi-combustibile", sia da soli che in varie combinazioni fra di loro.

Depurazione dei fumi
Anche i sistemi di depurazione dei fumi sono concettualmente simili a quelli impiegati per la combustione di combustibili solidi di tipo tradizionale e possono variare in funzione della tipologia di apparecchiatura di combustione impiegata.

Rimozione delle polveri
Sono impiegati sia i filtri elettrostatici sia i filtri a maniche; questi ultimi sono tendenzialmente più diffusi, a causa della loro maggiore capacità di abbattimento, soprattutto nei confronti delle particelle più fini.

Abbattimento della SO_2
L'abbattimento della SO_2, di norma presente in livelli di concentrazione piuttosto ridotti nei fumi a causa del limitato contenuto di zolfo delle biomasse, viene di norma effettuato tramite iniezione di un reagente alcalino (calce, calcare, ecc) a secco a monte del sistema di rimozione delle polveri. Tali sistemi sono efficaci anche ai fini della rimozione di eventuali altri composti acidi presenti (HCl). Nel caso di apparecchiature a letto fluido (bollente, circolante) è possibile ottenere buoni livelli di abbattimento anche tramite l'iniezione di reagente (calcare, dolomite) in camera di combustione.

Abbattimento degli NO_X
Il controllo degli NO_X può essere realizzato tramite misure primarie e secondarie. Tra le primarie si citano la riduzione degli eccessi di aria di combustione e l'impiego della combustione a stadi, con il primo stadio costituito da una combustione sottostechiometrica, vale a dire in difetto di aria di combustione.
Se è richiesto dalla normativa il rispetto di livelli di concentrazioni piuttosto ridotti (200 mg/Nm^3 o inferiori) è necessario ricorrere a sistemi di riduzione selettiva non catalitica (SNCR) o catalitica (SCR), in analogia a quanto previsto per gli altri combustibili solidi.
Nel caso di impiego di sistemi SCR per la combustione di biomasse si riscontrano problemi specifici riguardanti la probabilità di una frequente e più accentuata disattivazione del catalizzatore, in conseguenza principalmente dell'elevato contenuto di alcali (soprattutto potassio) nei fumi di combustione. Questo fatto richiede rigenerazioni piuttosto frequenti del catalizzatore, tramite lavaggi con acqua dopo rimozione del letto. Sono in corso di sperimentazione anche sistemi di rigenerazione "in situ" tramite lavaggi con acqua seguiti da uno stadio di solfatazione con SO_2 gassosa.

Trattamento degli effluenti liquidi
La gestione ed il trattamento di eventuali effluenti liquidi non presentano nessun grado di criticità nel caso di combustione di biomasse in impianti di grossa taglia.

La gestione dei residui solidi
Lo smaltimento delle ceneri pesanti da combustione di biomasse non riveste carattere di particolare criticità, essendo esse classificabili come un rifiuto non pericoloso, oltre tutto non facilmente lisciviabile. Possono essere oggetto di recupero come materiale da costruzione e, in alcuni casi, destinate allo spandimento sul terreno.
Le ceneri leggere dalla combustione di biomasse presentano spesso elevate concentrazioni di metalli pesanti e sono destinate allo smaltimento in discarica. In particolare le ceneri dalla combustione della paglia sono caratterizzate dalla presenza di alti tenori di cadmio.

4.7.3 Tecniche da considerare per l'individuazione delle MTD

Nel presente paragrafo vengono prese in esame le tecniche che possono essere prese in considerazione come MTD finalizzate alla prevenzione e riduzione dell'inquinamento e all'incremento dell'efficienza energetica.
Tali tecniche saranno discusse in dettaglio in seguito (capitolo 6) e possono ritenersi in linea generale applicabili anche alla combustione di biomasse.
Di seguito si darà un'indicazione sintetica riguardo all'applicabilità di tali tecniche agli impianti nuovi ed esistenti ai benefici conseguibili, alla loro esperienza applicativa, nonché ad eventuali risvolti derivabili dalla loro applicazione.
Si ricorda che i livelli di emissione di SO_2 derivanti dalla combustione di biomasse non richiedono l'adozione di particolari tecniche di controllo e riduzione, essendo il contenuto di zolfo nei materiali in questione molto ridotto. Nel caso di co-combustione di biomasse con carbone, possono essere tuttavia adottate le tecniche applicabili alla combustione di quest'ultimo combustibile.
Si riportano nelle tabelle seguenti le tecniche da considerare per l'individuazione delle MTD riguardanti:
- Lo scarico, stoccaggio, e movimentazione delle biomasse;
- Il pretrattamento del combustibile (biomasse);
- La combustione delle biomasse;
- L'incremento dell'efficienza;
- Il controllo delle polveri e dei metalli pesanti;
- Il controllo delle emissioni di NO_X e N_2O:
- La movimentazione, la riduzione ed il riutilizzo dei residui di combustione;
- La prevenzione e la riduzione dell'inquinamento delle acque.

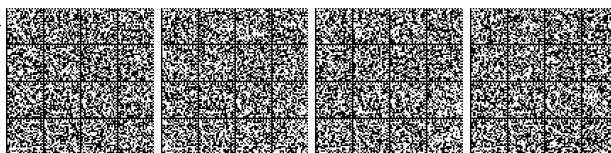



Tabella 26 Scarico, stoccaggio, e movimentazione delle biomasse

Tecnica	Vantaggi Ambientali	Applicabilità		Esperienza operativa	EFFETTI INCROCIATI	Costi	Note
		Nuovi impianti	Impianti esistenti				
Trasporto e movimentazione delle biomasse							
Sistemi di trasporto chiusi con filtri a tessuto o depolveratori	Riduzione delle emissioni diffuse di polveri	Possibile	Possibile	Alta	No	Non disponibili	
Trasportatori muniti di barriere antivento	Riduzione delle emissioni diffuse di polveri	Possibile	Possibile	Alta	No	Non disponibili	Trasportatori aperti solo per materiali grossolani (pezzi di legno)
Scarico delle biomasse in locali chiusi dotati di filtri a tessuto o depolveratori	Riduzione delle emissioni diffuse di polveri	Possibile	Possibile	Alta	No	Non disponibili	
Sistemi di pulizia per i nastri trasportatori	Riduzione delle emissioni diffuse di polveri	Possibile	Possibile	Alta	No	Non disponibili	
Stoccaggio di biomasse e reagenti							
Stoccaggio di materiali pulverulenti in locali chiusi o silos	Riduzione delle emissioni di polveri fini	Possibile	Possibile	Alta	No	Non disponibili	
Stoccaggio separato di combustibili con caratteristiche diverse	Condizioni più stabili di combustione	Possibile	Possibile	Alta	No	Non disponibili	
Stoccaggio di calce/calcare in silos dotati di depolveratori	Riduzione delle emissioni di polveri fini	Possibile	Possibile	Alta	No	Non disponibili	
Stoccaggio su superfici stagne munite disistema di drenaggio	Prevenzione inquinamento del suolo e delle acque	Possibile	Possibile	Alta	No	Addizionali per trattamento acque di scarico	Necessità di trattamento delle acque raccolte
Barriere antivento per stoccaggi all'aperto	Riduzione delle emissioni diffuse di polveri	Possibile	Possibile	Alta	No	Non disponibili	
Stoccaggio ammoniaca in soluzione	Maggior sicurezza	Possibile	Possibile	Alta	Minori rischi	Non disponibili	

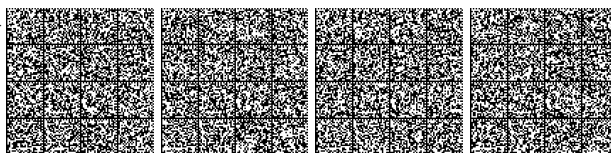



Tabella 27 Pretrattamento del combustibile (biomasse)

Tecnica	Vantaggi Ambientali	Applicabilità		Esperienza operativa	EFFETTI INCROCIATI	Costi	Note
		Nuovi impianti	Impianti esistenti				
Essiccamento del combustibile	Incremento dell'efficienza	Possibile	Possibile	Limitata		Addizionali per essiccatori	Per ridurre il contenuto di umidità del combustibile può essere utilizzato calore di scarto della caldaia. Gli essiccatori a vapore sono più efficienti.
Gassificazione biomasse	Incremento dell'efficienza e minori emissioni Gas di sintesi impiegabile per il re-burning (riduzione NO_X)	Possibile, ma ad oggi applicata solo in impianti pilota e/o dimostrativi	Possibile, ma ad oggi applicata solo in impianti pilota e/o dimostrativi	Limitata		Costosi se di piccola taglia	Nel medio termine la gassificazione può divenire una alternativa alla combustione, a causa dei rendimenti elevati conseguibili
Bark pressing	Incremento dell'efficienza	Possibile	Possibile	Alta	L''aumento di carico organico negli scarichi e gli alti consumi energetici, possono essere non compensati dall'incremento di efficienza, a meno di una forte riduzione dell'umidità (superiore al 50%)		

Tabella 28 Tecniche di combustione delle biomasse

Tecnica	Vantaggi Ambientali	Applicabilità		Esperienza operativa	EFFETTI INCROCIATI	Costi	Note
		Nuovi impianti	Impianti esistenti				
Cogenerazioni di energia elettrica e termica (CHP)	Incremento dell'efficienza, minore consumo di combustibile	Possibile	Possibile	Alta		Non disponibili	La tendenza attuale è di privilegiare CHP ove possibile, a causa dei sensibili incrementi di rendimento ottenibili (75-90%)
Combustione a griglia	Funzione del combustibile, idonea per la paglia	Possibile	Possibile	Alta	No	Non disponibili	
Combustione su griglia "spreader stoker"	Migliore "burn-out" del combustibile e minori emissioni (NO_X)	Possibile	Possibile	Applicata nei nuovi impianti	No	Non disponibili	
Combustione in letto fluido (boll./circol.)	Migliore "burn-out" del combustibile e minori emissioni (NO_X)	Possibile	Possibile	Applicata nei nuovi impianti	No	Non disponibili	Principale tecnica di combustione di biomasse, allo stato attuale

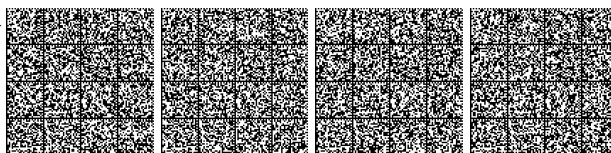



Tabella 29 Tecniche per l'incremento dell'efficienza

Tecnica	Vantaggi Ambientali	Applicabilità		Esperienza operativa	EFFETTI INCROCIATI	Costi	Note
		Nuovi impianti	Impianti esistenti				
Cogenerazioni di energia elettrica e termica (CHP)	Incremento dell'efficienza	Possibile	Possibile	Alta		Non disponibili	La tendenza attuale è di privilegiare CHP ove possibile, a causa dei sensibili incrementi di rendimento ottenibili
Sostituzione delle pale della turbina	Incremento dell'efficienza	Possibile	Possibile	Alta	No	Non disponibili	Le pale possono essere sostituite con pale innovative durante le normali operazioni di manutenzione
Preriscaldo rigenerativo dell'acqua di alimento	Incremento dell'efficienza	Possibile	Impossibile	Applicata nei nuovi impianti ed in alcuni impianti esistenti	No	Non disponibili	L'implementazione di questa tecnica in impianti esistenti è possibile in situazioni particolari
Essiccamento del combustibile	Incremento dell'efficienza	Possibile	Possibile	Limitata		Addizionali per essiccatori	Per ridurre il contenuto di umidità del combustibile può essere utilizzato calore di scarto della caldaia. Gli essiccatori a vapore sono più efficienti.
Gassificazione biomasse	Incremento dell'efficienza e minori emissioni Gas di sintesi impiegabile per il re-burning (riduzione NO_X)	Possibile, ma ad oggi applicata solo in impianti pilota e/o dimostrativi	Possibile, ma ad oggi applicata solo in impianti pilota e/o dimostrativi	Limitata		Costosi se di piccola taglia	Nel medio termine la gassificazione può divenire una alternativa alla combustione, a causa dei

							rendimenti elevati conseguibili
Bark pressing	Incremento dell'efficienza	Possibile	Possibile	Alta	L''aumento di carico organico negli scarichi e gli alti consumi energetici, possono essere non compensati dall'incremento di efficienza, a meno di una forte riduzione dell'umidità (superiore al 50%)		

Tabella 30 Tecniche per il controllo delle polveri e dei metalli pesanti

Tecnica	Vantaggi Ambientali	Applicabilità		Esperienza operativa	EFFETTI INCROCIATI	Costi	Note
		Nuovi impianti	Impianti esistenti				
Filtro a maniche (FF)	Riduzione delle emissioni polveri, specialmente quelle fini (PM_{10} e $PM_{2,5}$)	Possibile	Possibile	Alta	No	FF ha costi di investimento inferiori a ESP, e costi operativi superiori rispetto a ESP	FF è la tecnica principale di depolverazione e la più adottata per la combustione di biomasse
Filtri elettrostatici (ESP)	Riduzione delle emissioni di polveri	Possibile	Possibile	Alta	No	Non disponibili	

Tabella 31 Tecniche per il controllo delle emissioni di NOx e N2O

Tecnica	Vantaggi Ambientali	Applicabilità		Esperienza operativa	EFFETTI INCROCIATI	Costi	Note
		Nuovi impianti	Impianti esistenti				
Misure primarie							
Ridotti eccessi d'aria	Riduzione delle emissioni di NO_X CO e N_2O ed incremento dell'efficienza	Possibile	Possibile	Alta	La riduzione delle emissioni di NO_X comporta incremento di carbonio incombusto nelle ceneri	Specifici dell'impianto	
Combustione a stadi	Riduzione degli NO_X	Possibile	Possibile	Alta		Specifici dell'impianto	
"Air staging" (OFA)	Riduzione degli NO_X	Possibile	Possibile	Alta	Comporta incremento di carbonio incombusto nelle ceneri	Specifici dell'impianto	
Ricircolo dei fumi	Riduzione degli NO_X	Possibile	Possibile	Alta		Specifici dell'impianto	
Bruciatori "Low NOx"	Riduzione degli NO_X	Possibile	Possibile	Alta	Comporta incremento di carbonio incombusto nelle ceneri	Non disponibili	
Misure secondarie							
Riduzione selettiva non catalitica (SNCR)	Riduzione degli NO_X	Possibile	Possibile	Alta	"Slip" di ammoniaca	Specifici dell'impianto	
Riduzione selettiva catalitica (SCR)	Riduzione degli NO_X	Possibile	Possibile	Alta	"Slip" di ammoniaca	Specifici dell'impianto	

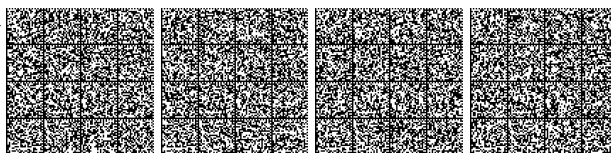



Tabella 32 Tecniche per la movimentazione, la riduzione ed il riutilizzo dei residui di combustione

Tecnica	Vantaggi Ambientali	Applicabilità		Esperienza operativa	EFFETTI INCROCIATI	Costi	Note
		Nuovi impianti	Impianti esistenti				
Stoccaggio, trasporto e movimentazione delle ceneri							
Stoccaggio separato di scorie e ceneri leggere	Maggiore flessibilità per il riutilizzo delle differenti frazioni di ceneri	Possibile	Possibile	Alta	No	Non disponibili	
Stoccaggio in silos chiusi	Riduzione delle emissioni diffuse di polveri	Possibile	Possibile	Alta	No	Non disponibili	
Trasporto in “big bags” o autocarri -silos	Riduzione delle emissioni diffuse di polveri	Possibile	Possibile	Alta	No	Non disponibili	
Riutilizzo delle ceneri da combustione di biomasse							
Impiego delle ceneri con ridotti quantitativi di impurità come fertilizzante	Riutilizzo dei residui di combustione	Possibile	Possibile	Alta	No	Non disponibili	Solitamente la frazione fine delle ceneri da combustione di biomasse, che contiene quantità elevate di metalli pesanti, viene separata dalla frazione grossolana. Solo la frazione grossolana può essere utilizzata come fertilizzante.

Tabella 33 Tecniche per la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento delle acque

Tecnica	Vantaggi Ambientali	Applicabilità		Esperienza operativa	Effetti Incrociati	Costi	Note
		Nuovi impianti	Impianti esistenti				
Flussaggio e trasporto delle scorie							
Circuiti in ciclo chiuso con sezioni di sedimentazione o filtrazione	Riduzione degli scarichi idrici	Possibile	Possibile	Alta		Specifici dell'impianto	
Rigenerazione delle unità di demineralizzazione e di "polishing" del condensato							
Osmosi inversa	Riduzione degli scarichi idrici	Possibile	Possibile	Alta		Specifici dell'impianto	
Scambio ionico	Riduzione degli scarichi idrici dal 15 al 50% dell'acqua demineralizzata	Possibile	Possibile	Alta	Fanghi da trattare prima dello smaltimento	Specifici dell'impianto	
Elutriazione							
Neutralizzazione		Solo in caso di funzionamento in condizioni alcaline		Alta		Specifici dell'impianto	
Lavaggio delle caldaie, dei preriscaldatori dell'aria e dei precipitatori							
Neutralizzazione e operazioni in ciclo chiuso o impiego di metodi a secco	Riduzione degli scarichi idrici	Possibile	Possibile	Alta		Specifici dell'impianto	
Dilavamento superfici							
Sedimentazioni o trattamenti chimici e riuso interno	Riduzione degli scarichi idrici	Possibile	Possibile	Alta		Specifici dell'impianto	

4.7.4 Definizione delle MTD per la combustione di biomasse

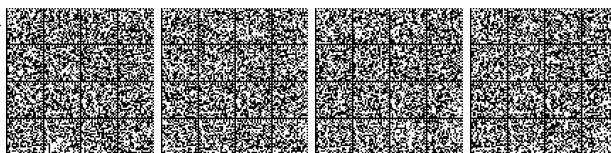
Scarico, stoccaggio, e movimentazione di biomasse e reagenti
Nella Tabella 34 sono riportate, in forma sintetica, le MTD applicabili per lo scarico, lo stoccaggio la movimentazione di biomasse, nonché di reagenti ed additivi (calce, calcare, ammoniaca, ecc.) impiegati negli impianti destinati alla loro combustione.

Materiale	Inquinamento	MTD applicabile
Biomasse	Polveri	• Impiego di mezzi di scarico e carico che minimizzino l'altezza di caduta del materiale sul mucchio, con conseguenti emissioni diffuse di polveri, soprattutto nel caso di scarichi legnosi di granulometria fine • Impiego di umidificatori a pioggia • Installazione di nastri trasportatori in posizioni sicure, al fine di evitare possibili danneggiamenti da parte di veicoli o altri mezzi • Impiego di sistemi di pulizia per i nastri trasportatori • Dotare, in case di materiali pulverulenti, i nastri trasportatori di adeguati sistemi di aspirazione e filtrazione • Razionalizzare il sistema di trasporto interno in modo da minimizzare il possibile rilascio di polveri • Impiego di buone tecniche di progettazione, costruzione e manutenzione
	Contaminazione acque	• Stoccare il materiale su superfici stagne, dotate di sistema di drenaggio e decantazione delle acque • Raccogliere le acque piovane che potrebbero lisciviare il materiale e trattarle adeguatamente rima dello scarico
	Combustione	• Soprattutto nel caso di impiego di paglia effettuare controlli qualitativi e immettere i dati in un sistema di controllo computerizzato • Nel caso di combustione di più biomasse prevedere due o più sistemi di stoccaggio, in modo da controllare la miscela in alimentazione
	Prevenzione incendi	• Sorvegliare le aree di stoccaggio al fine di rilevare possibili incendi dovuti ad autocombustione ed individuare i punti di rischio
Calce e calcare	Polveri	• impiego di trasportatori chiusi, sistemi trasporto pneumatico e silos di stoccaggio dotati di adeguate apparecchiature di estrazione e filtrazione nei punti consegna e trasferimento del materiale in modo da minimizzare il rilascio di polveri
Ammoniaca liquida	Ammoniaca	• Per lo stoccaggio di ammoniaca liquida: i serbatoi con capacità superiore a 100 m3 dovrebbero essere interrati e a doppia parete; i serbatoi con capacità inferiore o uguale a 100 m3 dovrebbero essere fabbricati con processo di ricottura. • Per motivi si sicurezza è preferibile l'impiego di soluzioni acquose di ammoniaca rispetto allo stoccaggio e movimentazione di ammoniaca liquida.

Tabella 34
MTD per lo scarico, stoccaggio e movimentazione di biomasse e reagenti

Pre-trattamento del combustibile
Nel caso di combustione di scarti legnosi sono da considerarsi MTD la classificazione del combustibile sulla base delle sue dimensioni e del suo grado (o meno) di contaminazione. In caso di impiego di legno contaminato l'applicazione delle MTD richiede la conoscenza del tipo di contaminazione e l'esame analitico degli inquinanti presenti in ciascun carico di combustibile in ingresso all'impianto.

Combustione
Per la combustione di biomasse in impianti di grossa taglia possono essere, in generale, considerate MTD le apparecchiature a letto fluido, sia di tipo bollente che circolante.
Per applicazione specifiche possono anche essere considerate MTD:
- Le apparecchiature a griglia di tipo "spreader stoker" per la combustione del legno;
- le apparecchiature a griglia di tipo vibrante, raffreddata ad acqua, per la combustione della paglia.

Efficienza termica

Il mezzo più efficace per il contenimento delle emissioni di gas serra è costituito dall'incremento dell'efficienza di conversione energetica (rendimento), intesa come rapporto tra l'energia resa disponibile ai limiti d'impianto ed il contenuto energetico del combustibile, riferito al suo potere calorifico inferiore.
Poiché i rendimenti conseguibili in impianti di produzione di energia elettrica alimentati a biomasse sono di norma piuttosto ridotti (indicativamente compresi fra 20 e 30%) ne consegue che ove la cogenerazione (intesa come produzione combinata di energia termica ed elettrica) sia tecnicamente ed economicamente possibile, essa deve essere considerata la principale MTD da prendere in considerazione. Per la sua applicazione occorre disporre di una richiesta piuttosto costante e significativa di energia termica a livello locale, che consente di elevare i rendimenti di conversione in energia termica fino a valori dell'ordine di 75-90%, in funzione delle caratteristiche dell'impianto e della ripartizione e variazione delle richieste di energia elettrica e termica.
Nella Tabella 35 sono riportati i livelli indicativi di efficienza conseguibili, in funzione dell'apparecchiatura di combustione impiegata.

Tecnologia	**Efficienza netta (%)**	
	Efficienza elettrica	**Efficienza combustibile**
Griglia	20 ca	75-90 (1)
Griglia "Spreader stoker"	> 23	
Letto fluido (B/C)	>28-30	

(1)In funzione delle caratteristiche dell'impianto e della richiesta di energia elettrica e termica.La cogeneratione (CHP) è la MTD fondamentale ai fini del conseguimento di elevate efficienze energetiche e deve essere applicata ogni volta che la richiesta di energia termica risulta sufficientemente elevata.

Tabella 35

Efficienze conseguibili tramite l'applicazione di MTD(1)

Può essere altresì considerato come MTD, per gli impianti esistenti, qualsiasi intervento di ristrutturazione che sia finalizzato all'incremento dell'efficienza energetica

Emissioni di Polveri

Per la depolverazione dei fumi di combustione di biomasse può essere considerata MTD l'impiego di filtri a maniche o di depolveratori elettrostatici.
Altre apparecchiature di tipo meccanico ed i cicloni non possono essere considerate, da sole, come MTD, ma possono trovare impiego come stadio primario di depolverazione.
Nella Tabella 36 sono riportati i valori medi su base giornaliera, riferiti ad un contenuto di O_2 nei fumi secchi del 6%, conseguibili tramite l'impiego delle suddette apparecchiature, individuate come MTD.

Emissioni polveri (mg/Nm^3)		**MTD**	**Monitoraggio**	**Applicabilità**
Nuovi	Ristrutturati			
< 5	< 5	FF	Continuo	Nuovi/Esist.
10 – 20	10 - 20	ESP	Continuo	Nuovi/Esist.

(1)Valori applicabili per impianti aventi taglia uguale o superiore a 50 MWt
Legenda : FF = Filtro a maniche; ESP= filtro elettrostatico

Tabella 36

MTD per la depolverazione di fumi da impianti di combustione di biomasse(1)

I livelli riportati tengono conto dell'esigenza di abbattere le particelle più fini (PM10 e PM2,5), sulle quali tendono maggiormente ad assorbirsi i composti metallici presenti nei fumi.

Emissioni di metalli pesanti

La presenza di composti metallici nei fumi di combustione è conseguenza diretta del contenuto di metalli presente inizialmente nelle biomasse. Di norma i metalli tendono ad evaporare durante la fase di combustione e a ricondensare in fase di raffreddamento, andando ad adsorbirsi sulle particelle di polveri presenti nei fumi.
Ne consegue che, come precedentemente accennato, le MTD per la riduzione dei metalli consiste in una efficace rimozione delle polveri tramite filtri a maniche (riduzione >99,99%) o filtri elettrostatici ad elevata efficienza (riduzione >99,95%), ", tenendo conto che l'opzione filtro a maniche è da considerarsi preferenziale nella scelta della MTD

Emissioni di NOx

Per la riduzione degli NO_X possono essere considerate MTD sia tecniche di natura primaria che secondaria.
Per le apparecchiature a griglia dedicate principalmente alla combustione del legno, l'impiego di griglie tipo "spreader stoker" può essere considerata una forma di MTD.
Nelle apparecchiature a letto fluido possono essere considerate MTD un'adeguata distribuzione dell'aria di combustione e l'impiego del ricircolo dei fumi. I letti fluidi circolanti sembrano essere leggermente migliori, anche se non esistono differenze sostanziali tra le due tipologie di apparecchiature in termini di emissioni di NO_X.
Se necessario possono essere impiegate come MTD misure secondarie quali la riduzione selettiva non catalitica (SNCR) o catalitica (SCR) (anche combinate), che consentono di raggiungere livelli molto bassi di NO_X, e limitare lo split di NH_3 normalmente generato dai sistemi SNCR.
L'impiego della SCR non può essere considerata, in assoluto, una vera propria MTD in quanto può molto spesso non risultare economicamente giustificabile la sua applicazione, in considerazione anche dei livelli piuttosto ridotti di emissioni di NO_X che possono essere originati dalla combustione di biomasse.
Un quadro sintetico dei livelli di emissione raggiungibili con l'applicazione delle MTD è riportato nella Tabella 37. I valori riportati sono valori medi su base giornaliera, riferiti ad un contenuto di O2 nei fumi secchi del 6%".

Capacità (MWt)	Tecnologia	Livelli di emissione NO_X (mg/Nm^3)		MTD applicabili	Applicabilità	Monitoraggio
		Nuovi	Ristrutturati			
50-100	Griglia	170 - 250	200 - 300	Spreader stoker		Continuo
	FBC	150 -250	150 - 300	Misure operative (distribuzione aria, ricircolo fumi, ecc.)	Nuovi/Esist.	Continuo
100-300	FBC	150 -200	150 -250	Misure operative (distribuzione aria, ricircolo fumi, ecc.)	Nuovi/Esist.	Continuo
> 300	FBC	50 - 150	50 -200	Misure operative (distribuzione aria, ricircolo fumi, ecc.); se necessario SNCR e/o SCR	Nuovi/Esist.	Continuo

Legenda FBC = combustori a letto fluido (bollente o circolante)

Tabella 37

MTD per il controllo degli NO_x negli impianti di combustione delle biomasse

Emissioni di SO_2

Il contenuto di zolfo delle biomasse è praticamente trascurabile, tale da consentire, soprattutto nel caso di scarti legnosi, la loro combustione senza misure di desolforazione, in quanto le concentrazioni di SO_2 nei fumi secchi (6% di O_2) sono tipicamente inferiori a 50 mg/Nm^3.
In caso di co-combustione di biomasse con altri combustibili solidi (es.: carbone) possono essere applicate come MTD le tecniche che trovano impiego, di norma, nella combustione di combustibili tradizionali.

Monossido di carbonio

Livelli molto bassi di CO possono essere conseguiti tramite il mantenimento di condizioni ottimali di combustione, la presenza di un adeguato sistema di monitoraggio, nonché l'adozione di uno specifico programma di manutenzione delle apparecchiatura di combustione. Misure di fine controllo degli NO_X possono dare luogo indirettamente anche al contenimento dei livelli di CO, a livelli compresi tra 50 e 150 mg/Nm3 (valore medio su base giornaliera, riferito ad un contenuto di O_2 nei fumi secchi del 6%)

Acidi cloridrico e fluoridrico

La combustione di biomasse dà, di norma, luogo a ridotte emissioni di HCl, "(tipicamente inferiori, su base giornaliera, a 25 mg/Nm3 al 6% di O_2 sui fumi secchi)", eccezione fatta per la combustione della paglia che può dare luogo ad emissioni comprese fra 50 e 300 mg/Nm3 con valori medi intorno a 100 mg/Nm^3 (su base giornaliera).
Per ridurre tali emissioni possono essere impiegati come MTD sistemi di lavaggio ad umido o di tipo semi-secco ("spray-dry), attraverso l'impiego dei quali possono essere raggiunti livelli di rimozione pari circa il 98%. Tali sistemi sono efficaci anche nei confronti della rimozione della SO_2, con livelli di efficienza del 80-95%.
I livelli di concentrazioni di HF nei fumi da combustione di biomasse sono, di norma, piuttosto bassi (1-5 mg/Nm^3).

Ammoniaca
L'emissione di NH_3 può essere conseguenza dell'eccesso di reagente usato nei sistemi DeNOx di tipo SNCR e SCR. Può essere considerata MTD il conseguimento di concentrazioni in emissione inferiori a 5 mg/Nm^3.

Diossine e furani
Può essere assunto che i livelli emissioni di diossine e furani, soprattutto nel caso di combustione del legno, possano essere agevolmente mantenuti al di sotto del valore di 0,1 ng/Nm^3.

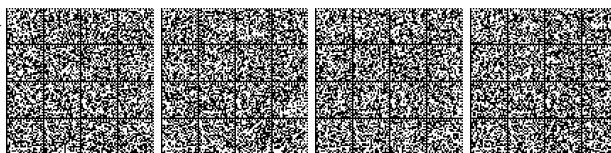
Rumore
Le fonti principali di rumore per gli impianti di combustione di biomasse sono relative alle operazioni di triturazione eseguite con mulini a martello (è il caso tipico della paglia alimentata in co-combustione con il carbone in caldaie a polverino. Altra fonte di rumorosità può derivare dall'impiego di trasporti pneumatici per l'alimentazione del combustibile al bruciatori.

Inquinamento delle acque di scarico
Ai fini della riduzione dell'inquinamento delle acque di scarico possono essere adottate varie misure che possono essere considerate MTD.
In particolare le misure finalizzate alla prevenzione ed alla riduzione dell'inquinamento delle acque di scarico riportate al punto 4.7.3, possono essere considerate in toto delle MTD per quanto riguarda la combustione di biomasse (vedi Tabella 34).
In caso di presenza di sistemi di trattamento ad umido dei fumi, possono essere considerate MTD le stesse tecniche adottate per il trattamento di fumi di combustione di combustibili tradizionali (si veda il paragrafo 4.6).

Gestione dei residui di combustione
Ove possibile, si dovrebbe preferire il riutilizzo dei residui di combustione anziché il loro smaltimento in discarica.
Il possibile impiego porta a fissare dei criteri qualitativi per le caratteristiche delle ceneri. Tali criteri debbono tenere conto delle proprietà strutturali delle ceneri e del loro contenuto di sostanze potenzialmente pericolose quali il tenore di incombusti, la lisciviabilità dei metalli, ecc..

4.8 Co-combustione

4.8.1 Premessa

A livello normativo la produzione di combustibili derivati si configura come un operazione di recupero di rifiuti, di cui all'allegato II B ("Operazioni di recupero") della direttiva quadro sui rifiuti 2006/12/CE.
Per l'esercizio degli impianti di produzione di CDR non è prevista alcuna semplificazione dal punto di vista autorizzativo, se non per i minori vincoli previsti per la circolazione dei rifiuti destinati al recupero rispetto a quelli destinati allo smaltimento (Regolamento (CEE) n. 259/93 relativo " alla sorveglianza ed al controllo delle spedizioni di rifiuti all'interno della Comunità Europea, nonché in entrata e uscita dal suo territorio"). L'unica normativa che dovrebbe, indirettamente, favorirne lo sviluppo, è costituita dalla Direttiva 1999/31/CE sullo smaltimento dei rifiuti in discarica, che ha fissato obiettivi temporali riguardo alla progressiva riduzione del conferimento in discarica di frazioni organiche biodegradabili. Tale direttiva è stata recepita a livello nazionale dal DM 13 gennaio 2003, n. 36 che ha inoltre stabilito il divieto di smaltire in discarica rifiuti aventi PCI superiore a 13 MJ/kg, a partire dal 1° gennaio 2007.
L'utilizzo di rifiuti come combustibili alternativi, sia in impianti dedicati, sia in installazioni industriali esistenti, ricade pienamente nel campo d'applicazione della direttiva 2000/76/CE "sull'incenerimento

dei rifiuti” (GUCE 28/12/2000), recepita a livello nazionale dal DLgs 133/2005,che ha sostituito, abrogandole a partire dal 28/12/2005, tutte le direttive che hanno regolamentato in precedenza il settore:

- Direttiva 89/369/CEE sulla prevenzione e la riduzione dell’inquinamento atmosferico provocato dai nuovi impianti di incenerimento di rifiuti urbani (GUCE 14/6/1989);
- Direttiva 89/429/CEE sulla prevenzione e la riduzione dell’inquinamento atmosferico provocato dagli impianti di incenerimento di rifiuti urbani esistenti (GUCE 15/7/1989);
- Direttiva 94/67/CE sull’incenerimento dei rifiuti pericolosi (GUCE 16/12/1994).

La direttiva 2000/76/CE regolamenta, dunque, il trattamento termico di qualsiasi rifiuto (dai RU indifferenziati fino a rifiuti di origine commerciale e industriale aventi caratteristiche ben definite e controllabili) finalizzato alla produzione di energia elettrica e/o termica. Sono escluse di alcune particolari tipologie di rifiuti, riconducibili a residui di lavorazione agro-forestali ed industriali costituiti da biomasse, oltre ai rifiuti radioattivi, ai rifiuti di origine animale ed ai rifiuti provenienti da attività estrattive off-shore. Gli insediamenti che impiegano tali materiali come combustibile alternativo vengono del tutto assimilati ad impianti di incenerimento (se “dedicati”) ovvero di “ co-incenerimento” se costituiti da installazioni industriali esistenti che impiegano “rifiuti come combustibile normale o accessorio” o “ in cui i rifiuti sono sottoposti ad un trattamento termico ai fini di smaltimento” (cementifici, centrali termoelettriche, forni industriali, ecc.).

La direttiva 2000/76/CE è stata recepita nella legislazione nazionale con D.Lgs. 133/05.

Con il DM 5 febbraio 1998, , viene regolamentata la produzione e l’utilizzo, consentendo di avvalersi delle procedure semplificate previste per l’esercizio di impianti in cui sono effettuate operazioni di recupero di rifiuti di cui agli art. 31 e 33 del D.Lgs. 22/97. (Il D.Lgs. D.Lgs. 22/97 è stato abrogato dal D.Lgs. 152/06, tuttavia il Dm 5 febbraio 1998 continuerà ad essere efficace fino all'emanazione delle nuove norme attuative del citato D.Lgs. 152/2006, come espressamente statuito dall'articolo 214 del D.Lgs. 152/06 medesimo).

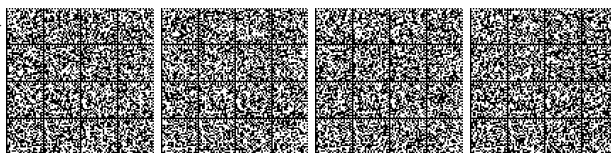
Per quanto riguarda la produzione, lo stesso DM ne disciplina le relative attività individuando anche, attraverso i codici CER, tipologie e caratteristiche dei rifiuti speciali non pericolosi che possono essere aggiunti ai RU indifferenziati che costituiscono la matrice base, presente in quantità almeno pari al 50% in peso. Inoltre, riguardo all’impiego del CDR come combustibile alternativo (in impianti dedicati e non), fissa requisiti e prescrizioni per le caratteristiche minimali, i criteri progettuali ed operativi degli impianti utilizzatori, nonché i limiti alle emissioni in atmosfera degli inquinanti, fissati a valori persino più restrittivi di quelli all’epoca in vigore per gli impianti di incenerimento di rifiuti.

La definizione di “combustibile secondario” (CS) può comprendere tutti i tipi di prodotti o rifiuti aventi un potere calorico tale che consente di utilizzarli in aggiunta a “combustibili convenzionali” in grandi impianti di combustione. Sono in generale costituiti da: rifiuti e loro derivati (CDR), legno o biomasse, fanghi, reflui liquidi, ecc., che vengono associati, anche previo trattamento, al "combustibile primario" operando una combustione congiunta (co-combustione).

L’utilizzo di CS in grandi impianti di combustione comporta che si considerino nello specifico gli aspetti impiantistici in relazione alle caratteristiche fisiche e chimiche del combustibile stesso. In particolare andranno considerati: potere calorifico, stato fisico, possibilità di formazione di composti acidi (es. acido cloridrico), problemi di corrosione a caldo, formazione di fuliggini e di inquinanti diversi da quelli del combustibile primario, proprietà delle ceneri (es. punto di fusione), ecc..

La trattazione relativa a , produzione, trattamento, movimentazione, specifiche tecniche di detti CS non vengono trattati in questo documento in quanto oggetto della nella *lineaGuida per l’individuazione delle MTD per gli impianti di selezione, produzione CDR e trattamento di apparecchiature elettriche ed elettroniche dismesse* pubblicata con DM del 29 gennaio 2007

4.8.2 Processi e tecniche nella combustione di CS in CTE

L'utilizzo di CS in CTE comporta l'utilizzo di idoneei processi, tecniche e procedure, quali:

- Procedure di accettazione: Sono essenzialmente relative alla individuazione e definizione di specifiche merceologiche che consentano una compatibilità del CS con il processo di combustione e, più in generale, con l'impianto considerato.
- Movimentazione e stoccaggio: In relazione alle caratteristiche del CS le modalità possono essere diverse:
  - Nel caso di combustibili gassosi sono trasportati mediante pipelines che alimentano direttamente il sistema di combustione (bruciatori) senza stoccaggi, come per altri combustibili gassosi.
  - Combustibili liquidi possono essere movimentati mediante navi, cisterne (ferrovia o strada) o pipelines; al loro arrivo in impianto possono essere stoccati in serbatoi o avviati direttamente alla combustione.
  - Per i combustibili solidi si hanno differenti operazioni a seconda dello stato fisico (fanghi) o di particolari cautele da considerare (composti volatili, odori, ecc.).
- Pretattamenti: Si possono rendere necessarie operazioni di macinazione (es. CDR con carbone), essiccamento (es. fanghi), fermentazione anaerobica (es. produzione metano dai fanghi), precombustione, pirolisi e gasificazione.

4.8.3 Sistemi di alimentazione del combustibile

L'alimentazione al sistema di combustione viene effettuata in modo da avere una miscelazione con il combustibile primario, può avvenire nel corso della preparazione della carica o alimentando la camera di combustione con due diversi sistemi paralleli. Nel caso d esempio nel caso di fanghi).
Nel caso i rifiuti e carbone viene effettuata una miscelazione.

4.8.4 Problematiche generali della co-combustione in CS

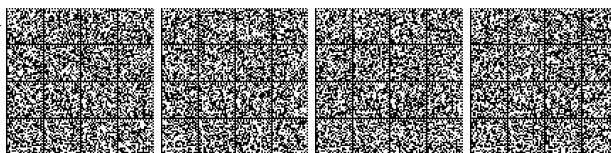
La gestione ed in particolare la combustione di combustibili secondari possono presentare problemi relativamente alla qualità e quantità delle emissioni (in atmosfera, nelle acque e residui di combustione e reattivi di abbattimento esausti) ed alla efficienza degli impianti.
I principali aspetti da considerare sono relative a:

- tossicità, considerando anche germi patogeni,
- rischi di incendio, esplosioni (combustibili gassosi ed esplosione di polveri),
- infiammabilità (combustibili liquidi),
- umidità del combustibile,
- autocombustioni ed odori (es.: biomasse, compost),
- fluidità (es.: fanghi),
- possibilità di essere macinati, per i combustibili solidi.

Questi aspetti devono guidare la scelta per una conduzione appropriata e in sicurezza della combustione.
Si riporta una breve descrizione dell'impianto di Fusina.
(ripreso da: Coordinamento ARPAV - DAP Venezia, Rapporto Conclusivo Attività di monitoraggio e Audit della sperimentazione per l'utilizzo di CDR nella centrale di produzione dell'energia elettrica dell'ENEL di Fusina - Venezia, 12/12/2003)

Le prove effettuate, ed ancora in corso, presso gli impianti Enel di Fusina (Venezia) rappresentano la prima ed unica sperimentazione italiana di utilizzo di CDR in cocombustione con carbone in CTE convenzionali a carbone.
Dette prime prove sono state effettuate nella caldaia della sezione termoelettrica 4 da 320 MWe di potenza all'uscita dell'alternatore, utilizzando CDR ottenuto da rifiuti solidi urbani e assimilabili che rispetti le specifiche tecniche di cui al punto 1.2 dell'all. 2, suballegato 1, al DM 5/2/98.
Attualmente sono state effettuate una serie di prove che prevedevano una serie di rilevamenti delle emissioni in situazioni diverse di funzionamento, al gruppo :

- prove in "bianco" con solo carbone (portata carbone durante le prove 112-122 t/h);
- prove con aggiunta di 3,0 t/h di CDR (portata carbone durante le prove 114-122 t/h);
- prove con aggiunta di 5,5-7 t/h di CDR (portata carbone durante le prove 74-75 t/h);
- prove con aggiunta di 7,15-8,93 t/h di CDR (portata carbone durante le prove 120-122 t/h).

Nel corso delle prove, oltre ai prelievi di emissione di aeriformi al camino, venivano caratterizzati i combustibili utilizzati e prelevati ed analizzati campioni medi di ceneri derivate dalla combustione.

In particolare per quanto riguarda le PCDD e PCDF, espresse in termini di tossicità equivalente (I-TE), si è riscontrato:

- fase "bianco", concentrazione media di 0,179 pg/Nm^3, pari a 193,08 ng/h;
- fase con 3 t/h di CDR, concentrazione media di 1,369 pg/Nm3, pari a 1 530,30 ng/h;
- fase con aggiunta superiore alle 3 t/h, concentrazione media di 4 229 pg/Nm^3, pari a 4 852,47 ng/h;

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva dei principali dati medi rilevati nella sperimentazione.

portata media CDR durante i rilevamenti delle emissioni (t/h)	portata media emissione (Nm^3/h s)	concentrazione media emissione PCDD/PCDF (pg I-TE/Nm^3)	concentrazione media flusso di massa PCDD/PCDF (ng I-TE/h)
0	1 078 043	0,179	193,08
3	1 129 465	1,369	1 530,30
7,95	1 151 913	4,229	4 852,47

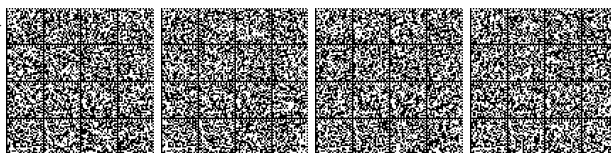
I primi dati derivati da questa fase iniziale della sperimentazione, hanno evidenziato che, pur nel rispetto dei limiti alle emissioni, nel caso di utilizzo di CDR si hanno evidenti incrementi nella emissioni di microinquinanti organici e inorganici. Un'analisi di maggior dettaglio potrà essere effettuata al termine di tutte le fasi previste dalla sperimentazione.

Efficienza dell'impianto

Quando si effettuano combustioni con mix di combustibili, devono essere determinate le rese di apporto calorico di ogni singolo combustibile al fine di verificare l'influenza della cocombustione nel processo. L'efficienza della conversione dei rifiuti in energia è influenzata da aspetti quali: contenuto di umidità, reattività del combustibile, possibilità ed efficacia dei pretrattamenti prima della combustione (es.: macinazione). Altri aspetti della co-combustione determinano la resa anche del combustibile primario:

- maggiori eccessi di aria che si possono rendere necessari per assicurare una combustione ottimale,
- le temperature dei fumi in caldaia possono subire cambiamenti,
- si possono avere incrementi di incombusti carboniosi nelle ceneri (fly ash)
- la temperatura del vapore può subire cambiamenti.

Variazioni delle emissioni

Le caratteristiche chimico-fisiche del combustibile secondario possono determinare variazioni sostanziali nelle emissioni (ad es.: elevate concentrazioni di metalli nel CDR rispetto al carbone). Tali variazioni potrebbero non essere eliminate o mitigate dai sistemi di abbattimento, per non adeguatezza del sistema o non specificità rispetto all'inquinante in questione, e provocare quindi un incremento proporzionale di carico inquinante da parte dell'impianto di combustione.
Per quanto riguarda il materiale particellare si possono avere emissioni aggiuntive: convogliate, nel caso il sistema di abbattimento non consenta l'abbattimento di polveri diverse (es.: per granulometria, resistività, ecc.); diffuse, determinate dalla movimentazione del combustibile secondario e/o da eventuali pretrattamenti.
In relazione alla tipologia di CS si possono avere formazioni consistenti di gas acidi nelle emissioni (HCl, HF, SO_X, NO_X), per le quali bisogna prevedere la compatibilità con i sistemi di abbattimento esistenti.
Le emissioni di ossidi di carbonio non subiscono, in generale, consistenti variazioni utilizzando CS, anzi, nel caso dell'utilizzo di biomasse si ha una riduzione e un bilancio positivo della CO_2.
L'emissione di acido cloridrico e fluoridrico può essere consistente nel caso di utilizzo di CDR e non è previsto un sistema di abbattimento specifico nel caso di co-combustione in impianti a carbone.
Per quanto riguarda gli ossidi di azoto non si producono sostanziali differenze nel caso di cocombustioni, non sono quindi prevedibili variazioni di rilievo in impianti di combustione che posseggono già sistemi deNOx che, a loro volta, presentano una buona flessibilità di impiego.

In genere la presenza di zolfo nei CS è in quantità inferiori a quella del carbone o della lignite è quindi, in questo caso la co-combustione non può produrre un incremento di emissioni di SO2.
Numerosi metalli sono presenti nei combustibili fossili, durante la combustione molti di questi rimangono nelle scorie e nelle ceneri, mentre quelli maggiormente volatili si trovano in buona parte nelle emissioni in atmosfera (es.: Cd, Hg, As, T, Se, Cd, Pb). L'aggiunta di alcune tipologie di CS produce un incremento nelle emissioni di metalli, tra questi in particolare Hg; in alcuni casi deve essere valutata la necessità di installare un sistema di abbattimento specifico.
I composti organici volatili ed in particolare gli inquinanti organici persistenti (principalmente PCDD e PCDF) risultano incrementati nelle emissioni nel caso di utilizzo di CDR, sia per la presenza nello stesso CS (che non vengono completamente degradati o si riformano) sia per la presenza di precursori. La presenza di zolfo nel combustibile primario può inibire la formazione di diossine che, tuttavia, sono invece favorite dalla presenza di alcuni metalli, in particolare Cu.

4.8.5 Tecniche di gestione e prevenzione

Di seguito si riassumono (tabelle 40 41 42 43) gli aspetti principali relativi alla gestione e prevenzione e riduzione dell'impatto nel caso di impiego dei CS.

Tabella 38 Tecniche di immagazzinamento e movimentazione di combustibili secondari

tecnica	benefici ambientali	nuovi impianti	vecchi impianti	esperienza operazionale
trasporto di combustibili polverulenti e/o odorosi, fanghi in involucri chiusi	riduzione di emissioni odorose e diffuse	possibile	possibile	alta
scaricamento di combustibili polverulenti e/o odorosi in magazzini di scarico dotati di sistemi di aspirazione che scaricano l'aria direttamente nella camera di combustione o al bruciatore come aria di combustione.	riduzione di emissioni odorose e diffuse	possibile	possibile	alta
immagazzinamento di combustibili polverulenti e/o odorosi in silis chiusi o bunker	riduzione di emissioni odorose e diffuse	possibile	possibile	alta
applicazione di impianti di aspirazione e di filtrazione ai silos e bunker e tramogge di immagazzinamento di fanghi da depuratore. L'aria aspirata può essere avviata direttamente nella camera di combustione o al bruciatore, come aria di combustione.	riduzione di emissioni odorose e diffuse	possibile	possibile	alta (nota: senza impianto di aspirazione si ha un alto rischio a causa della presenza di metano che si sviluppa in particolar modo con alta presenza di acqua nel materiale.

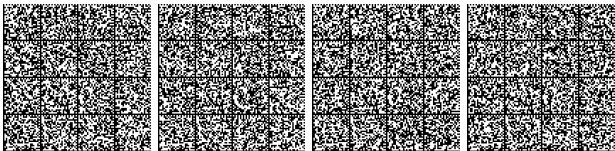



Tabella 39 Tecniche di pretrattamento del combustibile secondario

tecnica	beneficio ambientale	applicabilità su impianti nuovi ed esistenti	esperienza operazionale	effetto incrociato (collaterale)	economicità	note
essiccamento	mantenimento di una alta efficienza della caldaia alta umidità contenuta nel combustibile può essere usata	possibile	alta	viene richiesta energia addizionale per l'essiccamento	specifica dell'impianto	a volte l'alto contenuto di umidità del combustibile influisce negativamente sul rendimento della caldaia, l'essiccamento meccanico risulta vantaggioso economicamente ed energeticamente; ulteriori informazioni nel BREF sul trattamento dei rifiuti
essiccamento di fanghi all'aperto	bassa richiesta di energia	possibile	alta	tendenza all'emissione di sostanze odorigene	specifica dell'impianto	deve essere valutata la quantità di spazio richiesta; ulteriori informazioni nel BREF sul trattamento dei rifiuti
pirolisi	l'impatto del combustibile secondario sul rendimento della caldaia è trascurabile; si possono utilizzare una grande varietà di rifiuti combusibili	possibile	limitata	viene richiesta energia addizionale per il reattore di pirolisi	specifica dell'impianto	la pirolisi rappresenta una opzione attraente per i combustibili secondari che non possono essere macinati, come richiede la cocombustione con carbone o lignite; questo pretrattamento è necessario al fine di assicurare una buna combustione; ulteriori informazioni nel BREF sull'incenerimento dei rifiuti
digestione anaerobica	la metanizzazione del combustbile secondario presenta alcuni vantaggi come la facilità di alimentazione alla caldaia; si possono utilizzare una grande varietà di rifiuti combustibili	possibile	alta		specifica dell'impianto	il combustibile secondario deve essere biodegradabile; il reattore operando a bassa temperatura quasi non presenta corrosione; si opera facilmente nel caso di alti contenuti di acqua; ulteriori informazioni nel BREF sul trattamento dei rifiuti
gassificazione	una grande varietà di combustibili secondari, con alta concentrazione di metalli pesanti (specialmente Hg), possono essere co-combusti dopo gasificazione e purificazione del gas prodotto	possibile	alta limitata		specifica dell'impianto	ulteriori informazioni nei BREF sul trattamento dei rifiuti e l'incenerimento dei rifiuti
precombustione	combustibili secondari che non possono essere bruciati correttamente in caldaie che utilizzano carbone poverizzato					si consulti il BREF sulla combustione dei rifiuti

Tabella 40 Tecniche di introduzione del combustibile secondario in processi di combustione

tecnica	beneficio ambientale	applicabilità su impianti nuovi	esistenti	esperienza operazionale	effetto incrociato (collaterale)	economicità	note
macinazione con il combustibile principale	si previene una alimentazione disomogenea o povera che potrebbe influire negativamente sull'andamento della combustione	possibile	limitato	alta			la miscelazione è possibile solo quando il comportamento alla macinazione del combustibile principale e secondario è, più o meno, lo stesso o quando la quantità di combustibile secondario è molto piccola rispetto alla quantità di combustibile principale
uso di lance di alimentazione separate	possono essere usati una grande varietà di combustibili, in particolare liquidi	possibile	possibile	alta	no	non disponibile	lance di alimentazione separate sono richieste per il combustibile secondario quando questo non può essere miscelato con il combustibile principale; lance separate sono anche richieste nel caso in cui il combustibile secondario viene utilizzato come combustibile di ricombustione (*reburn fuel*) per la riduzione delle emissione di NOx
griglia addizionale al fondo della caldaia	possono essere usati una grande varietà di combustibili, in particolare biomasse	possibile	possibile	usata in nuovi impianti	no	non disponibile	
griglia speciale per il combustibile secondario	possono essere usati una grande varietà di combustibili, in particolare biomasse	possibile	molto limitato	principalmente usata in nuovi impianti	no	non disponibile	l'installazione di questa griglia richiede una certa quantità di spazio sotto la caldaia, che raramente è disponibile
alimentazione combinata del combustibile primario e secondario	buona prestazione per le caldaie a letto fluido	possibile	possibile	alta	no	non disponibile	

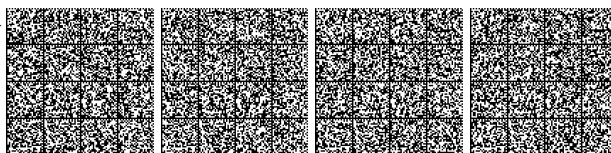
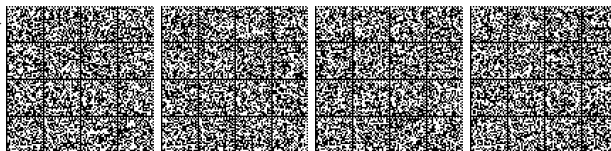



Tabella 41 Tecniche per la prevenzione e l'abbattimento delle emissioni in atmosfera per la co-combustione di combustibili secondari

tecnica	beneficio ambientale	applicabilità su impianti nuovi	esistenti	esperienza operazionale	aspetto economico
Aspetti Generali					
selezione del combustibile secondario	limitazione di impatti ambientali addizionali	possibile	possibile	alta	specifica dell'impianto
limitazione della percentuale di rifiuti che può essere combusto	limitazione di impatti ambientali addizionali	possibile	possibile	alta	specifica dell'impianto
gassificazione	una grande varietà di combustibili secondari, con alta concentrazione di metalli pesanti (specialmente Hg), possono essere co-combusti dopo gassificazione e purificazione del gas prodotto	possibile	possibile	alta	specifica dell'impianto
gassificazione					
Materiale Particellare					
elettrofiltri e filtri a manica	riduzione delle emissioni di polveri e i metalli pesanti	possibile	possibile	alta	specifica dell'impianto
SO_2					
tecniche di abbattimento a umido, semisecco e secco,	riduzione delle emissioni di SO_2, HCl, HF, polveri e metalli pesanti	possibile	possibile	alta	specifica dell'impianto
NO_X					
interventi primari e secondari	riduzione di NO_X	possibile	possibile	alta	specifica dell'impianto
Metalli Pesanti ed altri, come i COV e le Diossine					
elettrofiltri e filtri a manica, sistemi per l'abbattimento dei gas acidi a umido, secco e semisecco congiunti con iniezione di carboni attivi	riduzione delle emissioni di SO_2, HCl, HF, polveri e metalli pesanti (in particolare Hg) così come COV e diossine	possibile	possibile	alta	specifica dell'impianto

Note:
Le tecniche considerate nella definizione delle MTD, relativamente ad uno specifico combustibile, devono essere considerate anche nel caso di un combustibile secondario co-combusto; a volte la co-combustione di un combustibile secondario può causare i seguenti effetti:
un cambiamento di volume e di composizione dell'emissione, con conseguenze per il trasferimento di calore e per i sistemi di abbattimento degli inquinanti (es.: disattivazione dei catalizzatori del deNO_X da parte di As, P, F e metalli alcalini) e interferenze con i sistemi di abbattimento;
si hanno influenze sulle buone e regolari condizioni di combustione, includendo stabilità della fiamma, temperatura di fiamma, formazione di atmosfere ossidanti sulle superfici della caldaia, prevenzione della formazione di fusioni di ceneri (*strands*);
si possono avere incrementi delle emissioni in aria (specialmente di Hg, metalli pesanti, diossine e furani, HCl, HF, incombusti carboniosi e CO);
In particolare quando il combustibile secondario con un alto contenuto di metalli volatili (es.: Hg) viene usato con un combustibile convenzionale, l'aggiunta di iniezione di carboni attivi è una tecnica che deve essere considerata nella definizione delle MTD.

4.9 Parametri inquinanti caratteristici e relativo monitoraggio

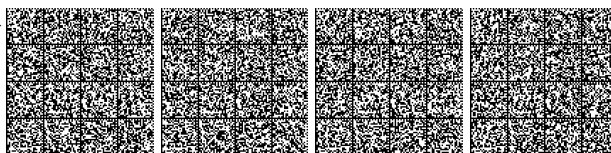
4.9.1 Combustibili ed emissioni inquinanti in atmosfera

Le emissioni atmosferiche da GIC contengono elementi e sostanze in qualità e quantità diverse in relazione al combustibile ed alla tecnologia utilizzati, costituiti da incombusti e prodotti che si formano durante il processo di combustione. Nel caso dei combustibili solidi e liquidi la maggiore quantità di tali emissioni è costituita dai cosiddetti macroinquinanti generati dalla ossidazione del carbonio, dello zolfo, dell'azoto presenti nel combustibile, dalla ossidazione dell'azoto dell'aria utilizzata come comburente e dagli incombusti. Tali emissioni sono quindi costituite in massima parte da ossidi di zolfo (SOx), ossidi di azoto (NOx) e polveri.

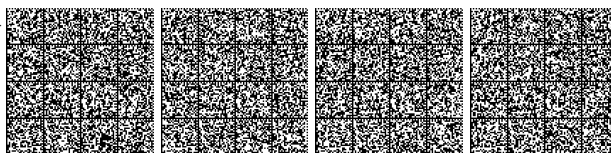
Oltre a questi, si riscontra la presenza, in quantità di gran lunga inferiori a quelle precedentemente citate e per questo denominate microinquinanti, di sostanze organiche ed inorganiche aventi un particolare interesse dal punto di vista igienico sanitario.

Le emissioni di questi microinquinanti sono costituite da metalli, contenuti nella frazione fine del particolato, e da sostanze organiche che possono formarsi nel corso della combustione.

Nel caso di impianti che utilizzano gas naturale, gli inquinanti che destano maggiore interesse, sono: il monossido di azoto (NO) in quanto precursore di inquinanti secondari quali il biossido di azoto (NO2) e i nitrati, che contribuiscono alla formazione del particolato fine, ed il monossido di carbonio (CO). Risultano inoltre assenti o in concentrazioni non rivelabili i microinquinanti organici ed inorganici.

Per quanto riguarda le emissioni di microinquinanti che sono soggetti ad un controllo, occorre far riferimento alla normativa nazionale e comunitaria sulla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento, in particolare agli inquinanti di cui all'allegato III della direttiva 2008/1/CE e alle sottoliste di inquinanti considerati significativi per gli impianti di combustione compresi nella categoria 1.1 del D.Lgs. 59/05, già elencati al paragrafo 2.5.1

Da quanto sopra esposto, sulla base delle esperienze maturate nel corso delle attività di monitoraggio delle emissioni svolte su grandi impianti di combustione e tenuto anche conto degli orientamenti seguiti in ambito nazionale dalla Commissione VIA nelle autorizzazioni ex DPCM 377/1988, si può individuare un elenco degli inquinanti per i quali si ritiene necessario effettuare il controllo dei livelli emissivi.

Detto elenco si riporta di seguito, suddiviso per combustibile impiegato; nello stesso sono compresi anche gli inquinanti che devono essere rilevati negli impianti che effettuano il coincenerimento (DLvo 133/2005).

Sostanza	carbone	olio	gas	rifiuti/CDR
Polveri totali	X	X	X	X
ossidi di zolfo (SO_2)	X	X		X
ossidi di azoto (NO_2)	X	X	X	X
CO	X	X	X	X
NH_3 (solo in presenza di deNOx)	X	X	X	X
cloro e composti inorganici (HCl)	X			X
fluoro e composti inorganici (HF)				X
cadmio e suoi composti (Cd)	X	X		X
tallio e suoi composti (Tl)	X			X
mercurio e suoi composti (Hg)	X	X		X
antimonio e suoi composti (Sb)	X			X
arsenico e suoi composti (As)	X	X		X
piombo e suoi composti (Pb)	X	X		X
cromo e suoi composti (Cr)	X	X		X
cobalto e suoi composti (Co)	X			X

rame e suoi composti (Cu)	X	X		X
manganese e suoi composti (Mn)	X	X		X
nichel e suoi composti (Ni)	X	X		X
vanadio e suoi composti (V)	X	X		X
stagno e suoi composti (Sn)	*X			
sostanze organiche (TOC)	X			X
IPA *	X	X		X
PCDD/F (TEQ)	X	X		X

* elenco degli IPA da rilevare
benz[a]antracene
dibenz[a,h]antracene
benzo[b]fluorantene
benzo[j]fluorantene
benzo[a]pirene
dibenzo[a,e]pirene
dibenzo[a,h]pirene
dibenzo[a,i]pirene
dibenzo[a,l]pirene
indeno[1,2,3-cd]pirene

Per quanto riguarda il monitoraggio in continuo per i grandi impianti di combustione con potenza termica nominale pari o superiore a 300 MW si applica quanto previsto dall'allegato II alla parte V del D.Lgs. 152/06.

Per quanto riguarda il monitoraggio per impianti di incenerimento e coincenerimento il DLvo 11/5/2005 n. 133 prescrive il controllo in continuo per:

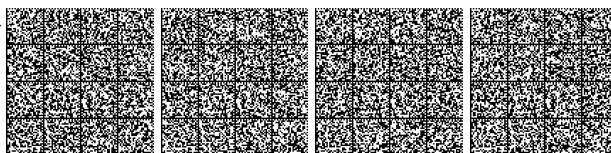
- biossido di zolfo (SO_2) *,
- ossidi di azoto NO_2),
- polveri totali,
- monossido di carbonio (CO),
- carbonio organico totale (COT),

- acido cloridrico (HCl) *,
- acido fluoridrico (HF) *,
- ossigeno (O2),
- temperatura,
- pressione,
- vapore acque,
- portata volumetrica **.

* inquinanti per i quali possono essere autorizzate solo misure periodiche; la misura di HF può essere omessa se si ha trattamento per HCl.

** misura non richiesta se l'effluente gassoso viene essiccato prima dell'analisi.

In merito alla frequenza da adottare nella ripetizione dei controlli periodici, si fa riferimento a quanto previsto dal decreto D.Lgs. n. 59/05 e dal D.Lgs.n. 152/06 e, nel caso di impianti di incenerimento e coincenerimento al D.Lgs. n. 133/05.

-

5 Tecnologie emergenti

5.1 Le nuove tecnologie del gas

Sviluppi dei combustori delle turbine a gas

Gli sviluppi più numerosi riguardano la configurazione delle zone di premiscelamento, combustione e diluizione dei combustori a premiscelazione magra DLN dei maggiori costruttori.
Uno sviluppo del tutto diverso è invece quello dei combustori catalitici.
La combustione catalitica di combustibile gassoso ed aria in premiscelazione magra all'interno del combustore della turbina è una tecnologia nuova che potrebbe affermarsi nel futuro.
Il combustore catalitico funziona in sostanza come un reattore, promuovendo l'ossidazione del metano e del monossido di carbonio per miscele magre, a temperature adiabatiche di fiamma che si mantengono al disotto della soglia di formazione dell' NO_X termico.
Il combustore utilizzato è in genere ossido di palladio, che è fortemente attivo nel catalizzare l'ossidazione del combustibile gassoso.
La limitazione della generazione di ossidi d'azoto è possibile attraverso una termostatazione di natura chimica che coinvolge il passaggio dell'ossido di palladio a palladio metallico. Il passaggio avviene quando la temperatura del catalizzatore cresce; il palladio metallico è molto meno attivo dell'ossido nel favorire la combustione del metano ed in tal modo si ha una autoregolazione della temperatura che non raggiunge i valori elevati in corrispondenza ai quali si ha consistente generazione di ossidi di azoto.
L'inizio della ricerca sui combustori catalitici per turbine a gas risale a metà degli anni settanta e sviluppi di prototipi hanno riguardato potenze via via più elevate.
Una recente applicazione con prove su prototipi in piena scala c'è stata ad esempio su un combustore impiegabile su turbina a gas con temperatura di ingresso al primo stadio di turbina di 1100°C e potenza elettrica della turbina in ciclo semplice di circa 100 MW. I risultati in prove su singolo combustore hanno dato per le emissioni di NO_X vapori spiccatamente dipendenti dalla temperatura di uscita dal combustore.
La tecnologia dei combustori catalitici è ancora nella fase di ricerca e sviluppo (si registrano ancora ad esempio problemi di stress dinamici nei combustori) e allo stato attuale non risulta prevedibile per l'esercizio commerciale delle turbine a gas di grossa potenza.

TECNICHE	BENEFICI AMBIENTALI	APPLICABILITA'		ESPERIENZA	NOTE
		Nuovo	Esistente		
Turbine a gas in ciclo semplice e CCGT					
Combustione catalitica	Riduzione NO_X	possibile	--	Nulla	Tecnica emergente
SCONOX	Riduzione NO_X, CO, NMVOC	possibile	--	Nulla	Tecnica emergente

5.2 Le nuove tecnologie del carbone

5.2.1 Gassificazione del carbone (Integrated Gasification Combined Cycle - IGCC)

Rappresenta un'alternativa al sistema attuale di combustione del carbone e consiste nel portare il polverino ad elevata temperatura a contatto con vapore ed ossigeno. Tramite reazioni chimiche viene prodotto un gas utilizzato nelle turbine a gas, mentre i fumi caldi di scarico sono in grado di generare vapore che alimenta una turbina a vapore. Come già illustrato al paragrafo 5.4.2, l'aspetto ambientale della tecnologia è molto interessante in quanto lo zolfo presente nel carbone può essere quasi completamente recuperato in forma commerciale e le ceneri sono convertite in scorie vetrificate, ambientalmente inerti. Lo stato dell'arte di questa tecnologia è rappresentato da 22 impianti dimostrativi, di cui 19 funzionanti, con taglie comprese tra 40 e 550 MW, per un totale di 6.310 MW.

La maggior parte sono stati realizzati in USA, realizzati con varie tecnologie che si sono progressivamente affermate (Texaco, Shell, Dow, Krupp, Prenflo). In Italia, oltre ai già citati progetti IGCC realizzati presso le raffinerie, si segnala l'impegno dell'ENEL nell'ambito del Progetto europeo di gassificazione di Puertollano (Spagna) che vede coinvolte le maggiori imprese elettriche europee (EDF, EDP, Endesa, NP); l'impianto è entrato in servizio nel 1998 ed ha una potenza di 320 MW, alimentato a carbone e coke di petrolio, utilizza una tecnologia Prenflow. Sono in fase di valutazione anche iniziative IGCC con l'impiego del carbone proveniente dal bacino carbonifero del Sulcis in Sardegna.

5.2.2 Combustione a letto fluido (Fluidised Bed Combustion – FBC)

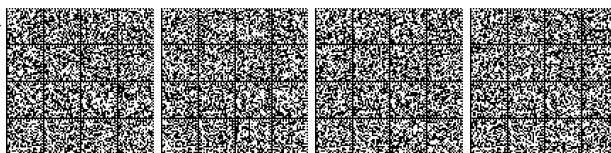
Si tratta di un sistema di combustione del carbone in un letto di particelle riscaldate sospese in un flusso gassoso che consente una loro rapida miscelazione. Come già illustrato in precedenza, attualmente sono disponibili due tipi di letto fluido pressurizzato: a letto ribollente ed a letto circolante, mentre quelli a pressione atmosferica hanno già raggiunto un grosso successo commerciale anche se con prestazioni limitate. Le efficienze attese sono dell'ordine del 42-45% e si collocano tra gli IGCC e gli impianti convenzionali, mentre le prestazioni ambientali sono decisamente promettenti in quanto consentono di eliminare gli SO_X al 90% come residui gassosi stabili e di ridurre gli NOx prodotti date le più basse temperature di combustione. Sono attualmente in funzione sette impianti dimostrativi con potenze fino a 350 MW. A livello europeo emerge la tecnologia ABB Alstom con impianti in Germania, Svezia e Spagna. In Gran Bretagna il Department of Trade and Industry ha comunicato l'avvio di un progetto per la realizzazione di un impianto dimostrativo da 1.000 MW a letto fluido in grado di raggiungere rendimenti dell'ordine del 55%, con il coinvolgimento di circa 40 imprese elettriche europee ed un investimento di circa 900 mila £, compresi fondi comunitari e governativi.

5.2.3 Tecnologia Ultrasupercritica (Ultra Super Critical - USC)

Rappresenta l'evoluzione della tecnologia tradizionale di combustione a polverino di carbone con turbina a vapore. I parametri termodinamici vengono spinti fino a 600-630 °C e le pressioni fino a 300-320 bar, introducendo innovazioni di tipo fluodinamico sul macchinario e tecnologie più avanzate di combustione. Gli impianti ultrasuper-critici, pur con efficienze superiori al 45%, non hanno ancora trovato una penetrazione nel mercato italiano a causa degli elevati costi di investimento e della concomitante competitività di altre tecnologie. La tecnologia USC si è affermata nei Paesi scandinavi dove già esiste una legislazione sul controllo della CO_2 e si sta sviluppando in Germania dove sono in ordine impianti per 2000 MW con rendimenti attesi del 47-48%; il Giappone ha un piano USC di grande impegno ed i grandi Paesi asiatici la stanno valutando attentamente per il futuro.
A livello nazionale si segnala l'impegno dell'Ansaldo, che è in grado di fornire impianti e componenti fino a temperature del vapore di 600 °C e mantiene un impegno di ricerca e sviluppo nell'ambito del Programma comunitario Thermie insieme ad altre primarie industrie europee.

5.2.4 Cicli combinati a combustione esterna (Externally Fired Combined Cycles - EFCC)

Si tratta di impianti nei quali un ciclo combinato convenzionale può essere alimentato dai fumi provenienti dalla combustione esterna di combustibili "poveri" (biomasse, rifiuti) o di carbone. Essi prospettano rendimenti dell'ordine del 45-50%, ma il loro stadio di maturazione è situato non prima del 2010 in quanto risulta critico lo sviluppo dello scambiatore di calore, a causa delle alte temperature e dei fumi fortemente aggressivi. Negli USA è in corso un importante programma di sviluppo su scala dimostrativa finanziato dal DOE. In Europa significative attività di R&S sugli scambiatori ceramici sono in corso su iniziativa di Ansaldo, ENEA, ENEL, in collaborazione con altre primarie imprese europee quali la tedesca Balcke-Durr ed il CEA-CEREM francese, con il sostegno finanziario della Commissione europea; un prototipo industriale di scambiatore a tubi ceramici verrà sperimentato presso la centrale ENEL Produzione di Livorno.

5.3 Biomasse

La gassificazione pressurizzata in un ciclo IGCC è una delle tecnologie più efficienti anche dal punto di vista ambientale per la produzione di energia su grande scala, basata su combustibili fossili. L'impiego delle biomasse con la tecnologia IGCC è a livello avanzato di sviluppo nei paesi del Nord, al punto che un impianto dimostrativo è attualmente in fase di costruzione in Svezia. Anche la torba rappresenta un combustibile ideale per la gassificazione per il suo alto contenuto di composti volatili. Per quanto riguarda la gassificazione della paglia, essa è stata testata con successo solo insieme al carbone, mentre il suo impiego tal quale richiede ulteriori sviluppi prima di una sua disponibilità commerciale.
Tra le tecniche emergenti per la produzione di energia da biomasse occorre citare sicuramente la gassificazione. Soprattutto nella versione integrata con un ciclo combinato di produzione di energia elettrica (Integrated Gasification Combined Cycle, IGCC) essa presenta grosse potenzialità in termini di incremento dell'efficienza di recupero, con conseguenti riduzioni delle emissioni di inquinanti e di gas con effetto serra.
Allo stato attuale tuttavia questa specifica tecnica è ancora in fase di sviluppo, con alcune limitate esperienze applicative, a livello pilota e dimostrativo, realizzate per lo più nei paesi del Nord Europa

5.4 Combustibili liquidi

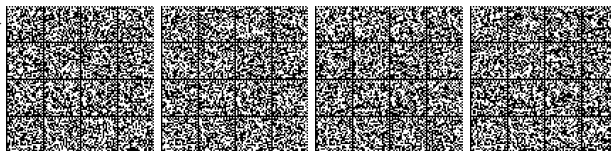
Le applicazioni delle celle a combustibile rappresentano il futuro delle tecnologie energetiche per l'impiego di combustibili liquidi puliti. Essi possono offrire miglioramenti nella protezione ambientale e raggiungere anche rendimenti molto elevati (fino al 70% in futuro). Prima di una larga applicazione è necessario dimostrare la stabilità del processo per un tempo significativo. Al momento la taglia degli impianti pilota è piccola rispetto ai grandi impianti di combustione.

5.5 Co-combustione

Si prevede che in futuro, a seguito della ulteriore esperienza acquisita con le tecniche di pre-trattamento ed abbattimento, il grado di co-combustione dei rifiuti e dei combustibili di recupero venga aumentato oltre il livello del 10% sulla base del contenuto termico.

5.6 Cicli di generazione ad emissioni estremamente basse

Nella prospettiva di ricorrere all'idrogeno come combustibile alternativo ai combustibili fossili, si studiano nuovi sistemi di produzione dell'energia elettrica basati sull'utilizzo di H_2 e O_2 ed articolati in cicli combinati (turbine e ciclo vapore) o su cicli misti (celle a combustibile e cicli a vapore), che possono consentire la realizzazione di soluzioni impiantistiche ad "emissioni nulle (zero emissions)".
Questi sistemi possono essere integrati con gli impianti di gassificazione con trasformazione del gas di sintesi (syngas) in H_2: infatti in essi è già prevista una sezione di produzione dell'O_2 richiesto dal processo di gassificazione, da utilizzare anche per la combustione dell'idrogeno. Questa soluzione può essere considerata ad "emissioni nulle" (in pratica l'impianto non ha un camino) poiché unico prodotto della combustione è il vapore acqueo (sono quindi assenti gli NO_X perché nel comburente non c'è azoto, gli SO_X e le polveri per via del trattamento di purificazione a monte del syngas), mentre la CO_2 presente nel syngas a valle del processo di shift-conversion viene totalmente separata e rimossa prima della combustione.
In tali cicli la produzione dell'idrogeno può essere ottenuta a partire da tecnologie pressoché mature di purificazione del gas grezzo (anche se non ancora sperimentate nel settore energetico), di shift-conversion per la trasformazione dell'ossido di carbonio in CO_2, di separazione della CO_2 mediante processi fisici o chimici. L'impianto innovativo di generazione elettrica, viceversa, si basa su alcuni componenti, quali in particolare i combustori idrogeno-ossigeno e su espansori a vapore ad alta temperatura, con tecnologia delle turbine a gas, che richiedono ancora un adeguato sviluppo tecnologico.
È importante in ogni caso sottolineare come tale soluzione consentirebbe un uso assolutamente pulito del carbone, per l'assenza di qualsiasi immissione gassosa in atmosfera, con la possibilità di conseguire rendimenti netti superiori al 50%, come risulta da studi condotti presso il Dipartimento di Ingegneria Meccanica dell'Università di Cagliari.

L'Agenzia Internazionale dell'Energia (AIE) di Parigi negli ultimi anni ho svolto una intensa attività tesa a favorire lo sviluppo di tecnologie per la separazione ed il confinamento della CO_2 derivante dall'impiego dei combustibili fossili. Il dibattito in corso su tali tematiche rientra nel quadro più generale dello sviluppo di tecnologie a bassissimo impatto ambientale **("Zero Emissions**

Technologies") come opzione indispensabile in un futuro necessariamente ancora dominato dai combustibili fossili. Tali tecnologie, che comportano una forte riduzione degli inquinanti ma soprattutto la separazione ed il confinamento della CO_2, sono state ritenute prioritarie dai vari organismi AIE anche perché l'attuale frontiera tecnologica non consente ancora l'impiego di soluzioni competitive dal punto di vista industriale.
Programmi di R&S in questo settore sono in corso in Canada, USA, UK, Giappone, Norvegia ed Unione Europea. La stessa AIE, nell'ambito del Progetto Greenhouse Gas R&D per la riduzione dell'effetto-serra, sta studiando la rimozione della CO_2 prima della combustione, la cosiddetta "Precombustion decarbonisation": gli studi al momento effettuati in collaborazione con la Statoil, sia sul gas che sul carbone, sono molto incoraggianti soprattutto quelli basati sulla produzione di idrogeno che possono utilizzare tecnologie già disponibili. In Italia non vi sono al momento programmi nazionali, ad eccezione di alcuni studi che sta svolgendo l'ENEA in collaborazione con l'industria sulla gassificazione del carbone con separazione della CO_2 e produzione di idrogeno.
A livello strategico la disponibilità di tali tecnologie potrebbe consentire un rilancio del carbone in quanto verrebbe ridimensionata la produzione di CO_2 che rappresenta il principale punto di debolezza nel confronto competitivo con le altre fonti.

A tale scopo gli USA hanno lanciato anche un progetto dimostrativo del valore di $ 1 miliardi, denominato **FutureGen** da 275 MW per la produzione combinata di elettricità e di idrogeno dal carbone, con sequestro della CO_2 prodotta, aperto anche alla cooperazione internazionale. Nel 2003 gli USA hanno anche promosso l'iniziativa CSLF (**Carbon Sequestration Leadership Forum**) di collaborazione internazionale a livello governativo per promuovere lo sviluppo di tecnologie adeguate di cattura e sequestro dell'anidride carbonica, alla quale ha aderito anche l'Italia (tramite il Ministero delle Attività Produttive) insieme ad altri 13 Paesi ed all'Unione Europea.

5.7 L'idrogeno vettore energetico per la riduzione dei gas serra

5.7.1 Generalità

L'idrogeno appare poter diventare il vettore d'elezione per un sistema energetico sostenibile, in quanto:

- in linea di principio, può essere prodotto da fonti diverse (combustibili fossili, con separazione della CO_2, rinnovabili, nucleare) e intercambiabili;
- può essere impiegato in applicazioni diversificate (dal trasporto alla generazione di energia elettrica, per taglie dai watt ai milioni di watt), con un impatto ambientale nullo o estremamente ridotto sia a livello locale che globale.

Accanto agli indubbi vantaggi, l'introduzione dell'idrogeno come vettore energetico per il lungo termine presenta però numerosi problemi connessi allo sviluppo delle tecnologie necessarie per rendere il suo impiego economico ed affidabile, nelle diverse fasi di produzione, trasporto, accumulo, utilizzo.
Lo sviluppo di tali tecnologie è oggetto dei programmi che, con risorse crescenti, sono portati avanti nei maggiori paesi industrializzati. Notevole, in particolare, l'impegno previsto negli Stati Uniti che, oltre ad avere un programma di ingenti dimensioni nel settore, hanno proposto una alleanza internazionale per lo sviluppo dell'idrogeno (International Partnership for the Hydrogen Economy). La stessa Unione europea prevede un sensibile incremento delle risorse nel campo dell'idrogeno e delle celle a combustibile e sta definendo, in collaborazione con gli Stati membri, una piattaforma per lo sviluppo delle relative tecnologie (European Hydrogen and Fuel Cells Technology Platform).
In tal senso si sta operando anche in Italia, con una serie di interventi, in parte già avviati, in parte previsti nell'ambito del Piano Nazionale della Ricerca; finanziamenti complessivi per quasi 90 milioni di euro (oltre 51 per l'idrogeno e quasi 39 per le celle a combustibile) sono stati stanziati per progetti triennali, le cui proposte sono in fase di valutazione e che si prevede verranno avviati agli inizi del 2004 (FISR - Fondo Integrativo Speciale per la Ricerca del Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca (MIUR)).
In tale ambito saranno avviate azioni che riguardano tutto il ciclo dell'idrogeno e si pongono nel medio termine l'obiettivo di mettere a punto le tecnologie necessarie per introdurre questo vettore nelle nicchie di mercato più promettenti, come primo passo di un processo che dovrà portare ad una diffusione su ampia scala nel lungo termine.
A questo riguardo appare utile evidenziare gli aspetti più critici, che sono il costo elevato e la scelta della sorgente da impiegare per la produzione di idrogeno, anche in relazione alla quantità e alla fonte di energia necessaria per la sua produzione.

In prospettiva la produzione potrà utilizzare l'energia nucleare e le energie rinnovabili, a partire dall'acqua e dalle biomasse, ma i combustibili fossili rappresentano la soluzione più vicina e quella su cui puntare per il medio termine.

5.7.2 Produzione da combustibili fossili

Le tecnologie di produzione di idrogeno, a partire dai combustibili fossili (steam reforming, ossidazione parziale, gassificazione) sono mature, anche se suscettibili di ulteriori miglioramenti da un punto di vista energetico e di impatto ambientale.
In questo contesto è però senz'altro da affrontare la sfida tecnologica posta dalla necessità di separare e immagazzinare la CO_2 prodotta insieme all'idrogeno. D'altra parte, la richiesta di separazione e confinamento dell'anidride carbonica potrebbe, a medio termine, rappresentare una valida scelta anche per gli impianti convenzionali di generazione.

5.7.3 Produzione da biomassa

La produzione di idrogeno da biomassa si presenta molto interessante: nessuno dei processi proposti ha però ancora raggiunto la maturità industriale. Le diverse alternative (gassificazione, pirolisi e successivo reforming della frazione liquida prodotta, produzione di etanolo e reforming dello stesso, produzione biologica attraverso processi basati su fenomeni di fotosintesi o di fermentazione) richiedono tutte, anche se a livelli diversi, un impegno notevole di ricerca, sviluppo e dimostrazione.

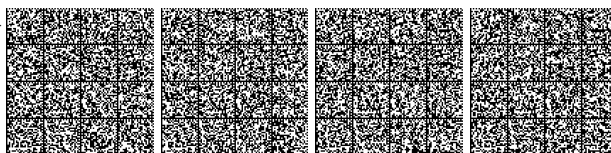
5.7.4 Produzione da elettrolisi dell'acqua o scissione della stessa ad alta temperatura

La produzione per elettrolisi dell'acqua è un processo abbastanza consolidato, che consente di ottenere idrogeno praticamente puro. Il suo costo potrebbe diventare economicamente accettabile nel medio termine, solo se l'energia elettrica necessaria fosse prodotta ad un costo estremamente basso.
La dissociazione dell'acqua può essere effettuata anche facendo uso di processi termochimici, con calore ad alta temperatura ottenuto da fonti diverse (energia solare, nucleare); sono in corso, anche in Italia, attività di ricerca e sviluppo tese a verificare la fattibilità industriale di tali processi ed il potenziale nel lungo termine sembra essere molto interessante.

5.7.5 Trasporto e accumulo

L'idrogeno può essere trasportato ed accumulato in forma gassosa, liquida oppure adsorbito su materiali speciali; ogni forma presenta aspetti favorevoli e svantaggi e tutte, se pur in gran parte già impiegate, richiedono significativi sforzi di ricerca e sviluppo per essere affidabili e competitive.
Per il trasporto dell'idrogeno gassoso si può pensare a qualcosa di equivalente ai gasdotti per il metano. Sono da risolvere i problemi relativi ai materiali impiegati ed è richiesta una maggiore energia di compressione (l'inferiore potere calorifico dell'idrogeno rispetto al metano richiede maggiori portate per la stessa quantità di energia). Il trasporto in forma liquida presenta problematiche più complesse e sembra, in prospettiva, conveniente solo per grandi quantità e percorrenze elevate.
La distribuzione dell'idrogeno presso gli utenti, nel caso di una ampia diffusione del suo impiego (ad es. nel settore del trasporto), pone in prospettiva il problema di una rete adeguata e degli enormi investimenti necessari per la sua realizzazione.
Le tecnologie di stoccaggio dipendono dalle applicazioni considerate e sono critiche soprattutto per l'impiego a bordo di veicoli, dove è necessaria un'elevata densità di energia. Le soluzioni attuali (bombole, idruri, idrogeno liquido) non sono in grado di assicurare una diffusione su larga scala nel medio-lungo termine. Ulteriori sviluppi delle stesse, o soluzioni completamente nuove, sono quindi necessari ed oggetto dei programmi di ricerca e sviluppo in corso.

5.7.6 Utilizzo

Oltre al suo attuale impiego come materiale per processi chimici, l'idrogeno può in prospettiva essere utilizzato come combustibile per la generazione di energia elettrica/cogenerazione (cicli termici, celle a combustibile) e per il trasporto (motori a combustione interna, celle a combustibile), con notevoli

benefici sia in termini di efficienza che di riduzione dell'impatto ambientale. Anche in questo caso, le tecnologie necessarie, pur oggetto finora di notevoli sforzi di ricerca e sviluppo, richiedono ancora un impegno notevole per giungere alla disponibilità di prodotti competitivi.

Motori a combustione interna

Motori a combustione interna ad idrogeno (o a miscele gas naturale-idrogeno) sono ormai disponibili (ad es. BMW); anche se l'utilizzo dell'idrogeno non consente di per sé rendimenti termodinamici superiori rispetto a motori ad accensione comandata alimentati a metano. Le emissioni di HC, CO e CO_2 sono eliminate del tutto; sussistono peraltro le emissioni di ossidi di azoto, difficilmente riducibili allo scarico con tecnologie utilizzabili su scala industriale. È bene ricordare che il motore a combustione interna ad idrogeno è comunque in una fase di sviluppo preliminare. Rimangono infatti alcune barriere tecnologiche da superare prima di un suo utilizzo in grande serie nei prossimi anni.

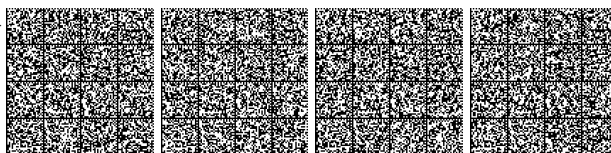
Centrali termoelettriche a idrogeno

Analisi e valutazioni industriali indicano la fattibilità tecnica della realizzazione di centrali termoelettriche alimentate ad idrogeno, che utilizzano tecnologie esistenti e già commercialmente mature (dall'impiantistica di produzione dell'idrogeno con reforming catalitico o con ossidazione parziale di idrocarburi, al ciclo combinato turbine a gas/turbine a vapore per la generazione di elettricità), fino a taglie di diverse centinaia di MW. Sono attivamente studiate e sperimentate in ambito internazionale le tecnologie per la separazione ed il confinamento della CO_2 prodotta durante il processo di produzione dell'idrogeno. Fra i programmi più avanzati rivolti all'utilizzo migliore dell'idrogeno ed all'aumento del rendimento del ciclo si segnala il programma WE-NET giapponese che prevede, tra l'altro, lo sviluppo di turbine che possono lavorare a temperature più elevate. Si segnala anche il progetto dimostrativo USA denominato **FutureGen** da 275 MW per la produzione combinata di elettricità e di idrogeno dal carbone, con sequestro della CO_2 prodotta, già richiamato in precedenza.

Celle a combustibile

L'idrogeno è il combustibile ideale per le celle e quello che può consentire alla tecnologia di esprimere tutte le sue potenzialità in termini energetici e ambientali.

5.8 Sicurezza e accettabilità delle tecnologie

L'impiego diffuso di un nuovo vettore energetico come l'idrogeno, richiede il superamento delle barriere connesse con i problemi di sicurezza e di accettabilità da parte degli utenti (conoscenza delle tecnologie, standard, normative).
L'idrogeno è già ampiamente utilizzato in ambito industriale e costituisce oltre il 50% del gas di città, impiegato per tanti anni, e senza particolari problemi, in molte città italiane prima dell'arrivo del gas naturale. Anche se ha caratteristiche diverse dai combustibili più diffusi, gli ostacoli ad un suo impiego su larga scala sono, in linea di principio, tutti superabili. È necessario però sviluppare un quadro normativo preciso ed affidabile ed attuare progetti dimostrativi che contribuiscano a far superare quella "percezione" di rischio che attualmente costituisce una barriera nella pubblica opinione.

6 Definizione (sulla base dell'approfondimento e dell'estensione delle analisi svolte in sede comunitaria), della lista delle migliori tecniche per la prevenzione integrata dell'inquinamento dello specifico settore in Italia.

6.1 Tecniche per ridurre le emissioni di SO_2

Le emissioni di ossidi di zolfo (prevalentemente SO_2 ed in minima misura SO_3) derivano dall'ossidazione dello zolfo presente nel combustibile.
Esistono diverse tecniche per la riduzione delle emissioni di SO_2 che possono essere suddivise in:

- misure primarie: misure integrate per ridurre le emissioni all'origine;
- misure secondarie: misure messe in atto alla fine del processo, come ad esempio impianti di desolforazione

Nel presente capitolo vengono brevemente descritte le tecniche che sono applicate in Italia e che presentano una maturità industriale tale da poter garantire una buona affidabilità di applicazione.

6.1.1 Misure primarie

Utilizzo di un combustibile a basso contenuto di zolfo
Come ovvio il passaggio ad un combustibile a basso contenuto di zolfo può ridurre le emissioni di SO_2 in maniera significativa. La possibilità di attuare questa misura dipende dalla disponibilità del combustibile e dal tipo di impianto di combustione.
Poiché l'applicazione di tale misura potrebbe influenzare anche pesantemente la politica aziendale di approvvigionamento dei combustibili, la quale peraltro risulta strategica per le aziende, si ritiene di dover considerare tale misura come applicabile con molta discrezionalità.

Utilizzo di sorbenti in sistemi a letto fluido
L'utilizzo di sorbenti quali CaO, $CaCO_3$, $Ca(OH)_2$ nei sistemi di combustione a letto fluido, che in gran parte sono alimentati a carbone, costituisce un sistema di desolforazione integrato all'interno degli stessi.
La reazione richiede un eccesso di sorbente che dipende dal tipo di combustibile. Per la descrizione si rimanda ai capitoli relativi.
Risulta evidente che tale misura è applicabile ai soli impianti a letto fluido.

6.1.2 Misure secondarie

Le tecnologie per la desolforazione possono essere classificate come mostrato in Figura 10

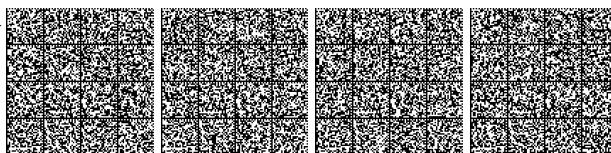
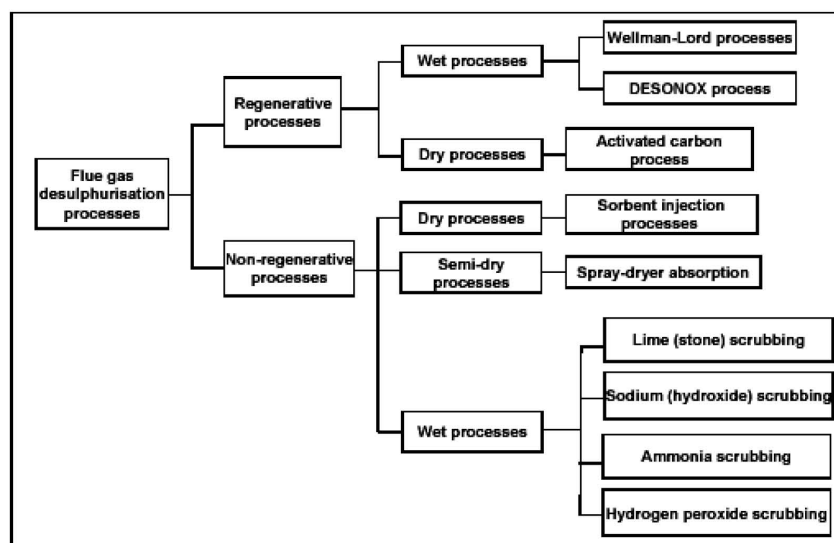



Figura 10
Schema delle tecnologie utilizzate per ridurre gli ossidi di zolfo

Fino al 2000 c'erano 680 impianti di desolforazione installati in 27 paesi nel mondo e 140 in fase di costruzione o progettazione in nove paesi; nella Tabella 42 è fornita la situazione alla fine del 1999.

Plants and technique	Number of sites and electrical power		Plants with FGD and controlled electrical power	
Country	No of sites	MW_e	No of sites (N 1)	Electrical. power (MW_e)
Austria	18	4852	13	3415
Belgium	31	5867	2	1480
Denmark	13	8447	10	5389
Germany	960 (N2)	91090	185	42000
Greece	10	6138	1	300
Finland	30	5054	46	3970
France	17	18218	3	2400
Ireland	10	2955	-	-
Italy	79	41873	15	6660
Luxembourg	-	-	-	-
Netherlands	15	9632	5	2690
Portugal	6	4514	-	-
Spain	41	19357	11	2373
Sweden	41	5303	6	1164
United Kingdom	26	37718	10	9996
EU-15 (1996)	1297	261015	285	80903
(EU-15 96 - 99) (N3)	(>20)	(>8000)	(>10)	(>5000)

Notes:
N 1 including fluidised bed combustion
N 2 including German industrial power plants >50 MW_{th})
N3 rough estimates

Tabella 42
FGD nei grandi impianti di combustione nell' EU-15

Desolforazione ad umido (processo calcare – gesso)

La desolforazione ad umido (Wet FGD - Wet Flue Gas Desulphurisation), in particolare il processo calcare gesso, è la tecnologia maggiormente diffusa a livello mondiale; questo è dovuto alla elevata efficienza di abbattimento della SO_2 e alla elevata affidabilità ormai raggiunta.
Il primo impianto di desolforazione ad umido che produceva gesso entrò in servizio nel 1975 su una unità a carbone della centrale di Takasago della EPDC in Giappone.
Attualmente gli impianti di desolforazione del tipo a umido a calcare(o calce)/gesso sono quelli più largamente diffusi e coprono circa l'80% di tutta la potenza installata dotata di desolforatori.
La Figura 11mostra uno schema di processo di un modello recente di desolforatore calcare / gesso a umido.

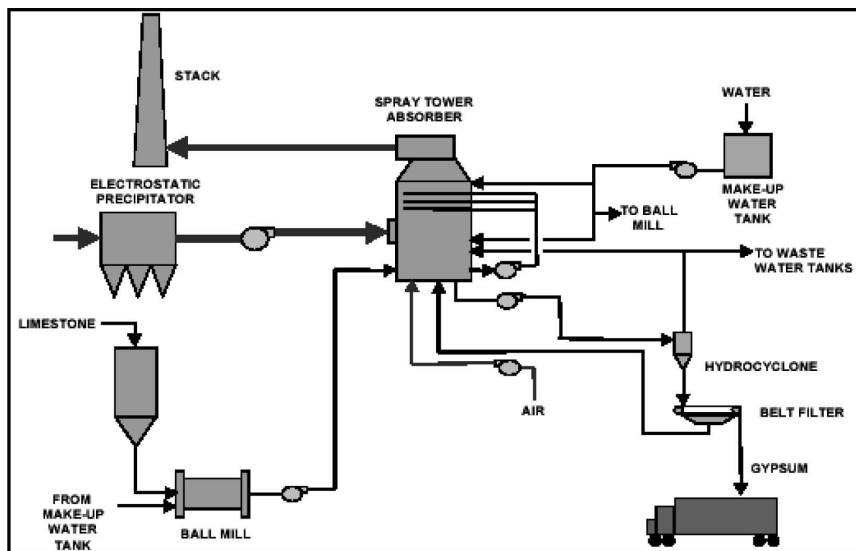
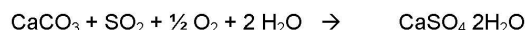



Figura 11
Schema di processo di un desolforatore ad umido calcare/gesso.

Il reagente maggiormente utilizzato è il calcare in considerazione del suo basso costo, ma è possibile anche l'utilizzo di calce idrata; il primo reagente sta rimpiazzando il secondo; in Italia tutti i desolforatori attualmente in servizio utilizzano come reagente calcare che viene acquistato già macinato. I desolforatori che entreranno in futuro in servizio in Italia, analogamente ad alcuni impianti esteri, acquisteranno invece calcare in pezzatura da sottoporre poi a macinazione tramite un impianto dedicato.
I fumi dopo aver attraversato il sistema di abbattimento delle polveri (elettrofiltro o filtro a maniche) passano attraverso uno scambiatore di calore ed entrano nell'assorbitore, in cui la SO_2 è rimossa tramite il contatto diretto con una sospensione di calcare finemente macinato che viene spruzzata nei fumi da appositi ugelli. La sospensione di calcare è alimentata in continuo all'assorbitore.
Il gas desolforato passa attraverso i demisters (sistemi per l'abbattimento delle gocce trascinate) ed è inviato al camino. I prodotti di reazione sono estratti dall'assorbitore ed inviati alla disidratazione (dewatering) tramite idrocicloni seguiti da un ulteriore trattamento mediante filtri a nastro o centrifughe e da lavaggio con acqua per eliminare i sali solubili come i cloruri.
Le reazioni di desolforazione sono le seguenti.

$$SO_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_3$$
$$CaCO_3 + H_2SO_3 \rightarrow CaSO_3 + CO_2 + H_2O$$
$$CaSO_3 + \frac{1}{2} O_2 + 2\ H_2O \rightarrow CaSO_4 2H_2O$$

Reazione totale

$$CaCO_3 + SO_2 + \frac{1}{2} O_2 + 2\ H_2O \rightarrow CaSO_4\ 2H_2O$$

Normalmente il solfito di calcio prodotto nell'assorbitore viene ossidato a solfato di calcio bi-idrato (gesso) tramite aria immessa nel fondo dell'assorbitore da apposite soffianti.
Il prodotto finale del processo è costituito da gesso (solfato di calcio bi-idrato), che contiene circa il 90% di solidi e può essere utilizzato come gesso per intonaci, per pannelli e come additivo per il cemento in sostituzione del gesso naturale oppure messo a discarica.
La configurazione degli assorbitori dei più moderni impianti di desolforazione del tipo calcare-gesso attualmente utilizzati può essere classificata in due tipi diversi.

a) Processo con prescrubber: questa configurazione è quella più comunemente adottata in Giappone grazie alla elevata qualità del gesso prodotto. Il prescrubber: ha la funzione primaria di abbattere HCl, HF ed il particolato fine.
b) Processo senza prescrubber: questa configurazione dell'assorbitore è la più semplice e sta diventando quella maggiormente utilizzata (in Germania i più recenti desolforatori adottano la configurazione b); tutte le reazioni chimiche avvengono in un solo assorbitore. La semplicità del sistema consente ridotti costi di investimento, minor assorbimento di potenza (negli impianti più recenti poco più dell'1% della potenza prodotta dall'unità)e richiede minori spazi mentre la qualità del gesso prodotto è accettabile. Come nel caso precedente l'ossidazione dei solfiti a solfati avviene dentro l'assorbitore tramite iniezione forzata di aria. Il progetto dei desolforatori installati sulle unità termoelettriche italiane si è semplificato nel tempo, passando da due linee costituite ciascuna da un prescrubber ed uno scrubber per un gruppo da 320 MWe (Fusina unità 3 ed unità 4) ad un solo assorbitore senza prescrubber per un gruppo da 600 MWe (La Spezia unità 3).

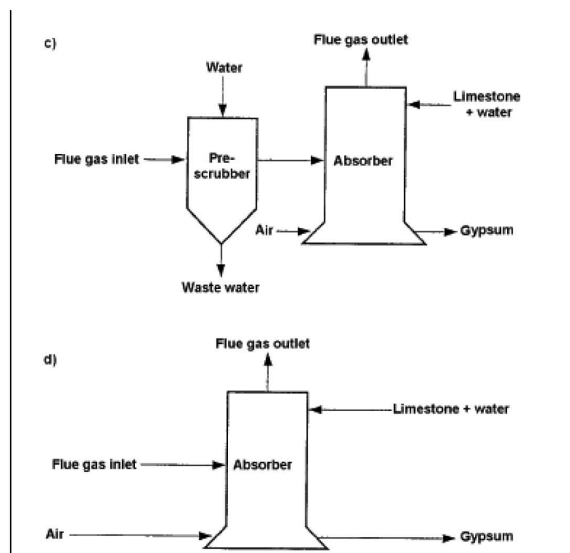



Figura 12
Differenti tipi di scrubber ad umido

Esistono vari tipi di assorbitori (vedi Figura 13).

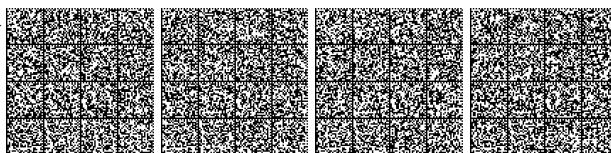
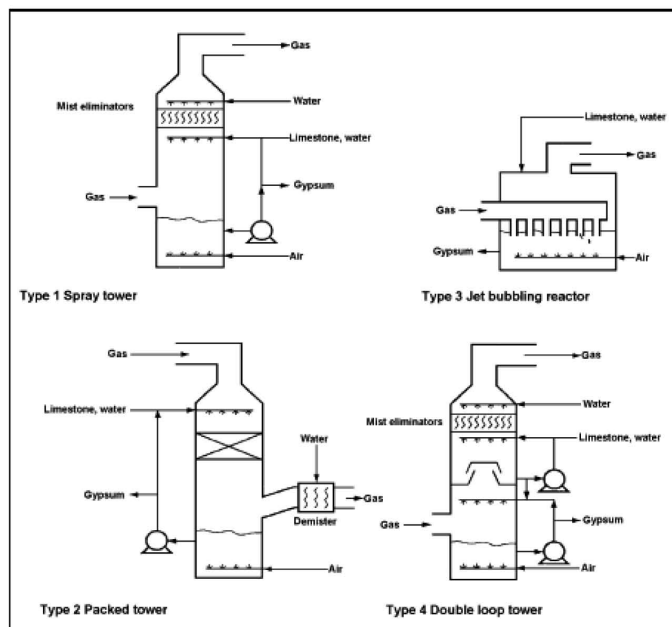
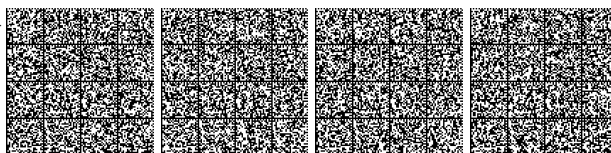



Figura 13 Assorbitori

1) Questo tipo è' chiamato "spray tower" ed è quello più comunemente utilizzato. Normalmente ha tre o quattro livelli di spruzzatori con un certo numero di spruzzatori attraverso i quali è atomizzata e spruzzata nel modo più uniforme possibile una sospensione acquosa di calcare. I fumi introdotti nell'assorbitore entrano in contatto con le gocce di sospensione che cadono dall'alto; il flusso del gas normalmente è controcorrente rispetto a quello delle gocce che cadono verso il basso e non sono presenti all'interno dell'assorbitore sistemi per convogliare il flusso del gas. Le gocce trascinate dal gas (aerosol) sono catturate dai demisters.
2) Questo tipo è chiamato "packed tower" (torre a riempimento) ed utilizza un riempimento costituito da griglie di materiale plastico che aumenta il tempo di contatto tra gas e liquido, con una maggiore efficienza di abbattimento della SO_2. Il flusso dei fumi è equicorrente con quello delle gocce di liquido e questo consente di realizzare assorbitori più compatti.
3) Questo tipo è chiamato Jet Bubbling Reactor (JBR); i fumi sono iniettati dentro il liquido attraverso una serie di tubi immersi in quest'ultimo; nel JBR vengono iniettati anche la sospensione di calcare e l'aria per l'ossidazione dei solfiti a solfati. Questo processo, a differenza degli altri, non richiede pompe di ricircolo e banchi di spruzzatori.
4) Questo tipo è chiamato "dual loop" ed è diviso in due parti chiamate "quencher" ed assorbitore, ciascuna delle quali funziona ad un proprio valore di pH.

I processi di desolforazione calcare/gesso ad umido (Wet FGD) operano in un ambiente aggressivo, con problemi di erosione, corrosione ed abrasione all'interno dei componenti. Tutti i componenti dell'impianto dall'ingresso dell'assorbitore fino al camino devono essere protetti mediante gommatura o altri rivestimenti protettivi contro la corrosione acida causata dai fumi freddi saturi di umidità. I componenti più critici sono i condotti di ingresso, l'assorbitore e i sistemi di riscaldamento. Per quanto riguarda gli assorbitori degli impianti DeSOx, in Italia questi sono stati realizzati in acciaio al carbonio gommato; l'ultimo assorbitore entrato in servizio (La Spezia unità 3) e quelli dei futuri impianti DeSOx adotteranno materiali pregiati ad alta resistenza alla corrosione, quindi senza gommatura.
Tutte le parti a contatto con lo slurry sono soggette ad erosione e corrosione (spruzzatori, serbatoi, agitatori, pompe, tubi, valvole e sistemi per la disidratazione del gesso).
La temperatura dei fumi si riduce a circa 45 – 80°C passando attraverso gli impianti di desolforazione a umido; pertanto normalmente i fumi desolforati vengono riscaldati tramite uno scambiatore di calore gas/gas rigenerativo detto GGH (Gas Gas Heater) prima di essere immessi in atmosfera.
I reflui liquidi del processo di desolforazione sono normalmente trattati in un apposito impianto di trattamento delle acque.

L'installazione di un sistema di desolforazione ad umido richiede uno spazio notevole; il problema dello spazio è rilevante soprattutto nel caso in cui debba essere installato su unità già esistenti con conseguenti maggiori costi per la realizzazione di opere civili e condotti fumi.
I processi a umido del tipo calcare/gesso hanno subito notevoli sviluppi nel tempo, con aumento dell'efficienza di abbattimento della SO_2 e dell'affidabilità, che è normalmente intorno al 99%, e riduzione dei costi di installazione e di esercizio, anche grazie alla minor potenza assorbita.
Tra i più comuni problemi che si sono riscontrati nel funzionamento dei desolforatori in Italia e che almeno in parte sono stati risolti, si hanno: intasamento dei demisters, della linea dell'aria di ossidazione e degli ugelli spruzzatori, danneggiamento delle gommature dell'assorbitore e delle tubazioni delle pompe di ricircolo, deposito di gesso sulle pale dei ventilatori booster, erosioni all'interno delle tubazioni dello slurry, intasamenti sui sistemi di stoccaggio e dosaggio del calcare in polvere.
Una sintesi delle prestazioni è riportata nella .Tabella 43
I costi di installazione sono relativamente elevati per gli impianti di desolforazione ad umido del tipo calcare/gesso, mentre i costi di esercizio sono moderati grazie all'affidabilità e all'automazione del processo ed al fatto che il prodotto finale (il gesso) è vendibile, anche se tale opzione risulta ancora non consolidata in quanto non si è ancora in presenza di una richiesta stabile da parte del mercato.
In Italia i desolforatori installati su unità termoelettriche a carbone o a combustibili liquidi ad alto tenore di zolfo (Orimulsion, olio combustibile ad alto tenore di zolfo) sono tutti del tipo a umido calcare/gesso, con una eccezione di cui si dirà nel paragrafo relativo agli spray dry. La taglia degli impianti arriva fino a 660 MWe per le unità carbone/Orimulsion e fino a 320 MWe su unità ad olio combustibile. E' prevista l'installazione di desolforatori di questo tipo sulle future unità da 660 MWe a carbone dell'Enel di Torrevaldaliga Nord e sulle unità da 660 MWe dell'Enel di Porto Tolle dopo la conversione ad Orimulsion.
I costi di installazione variano notevolmente in funzione della taglia dell'impianto, della concentrazione di SO_2 in ingresso ed in uscita, dell'utilizzo del gesso, della ridondanza del macchinario del numero degli impianti presenti nel sito, della situazione del mercato degli impianti di desolforazione etc.

Desolforazione a secco (processo spray dry)
Il sistema di desolforazione a secco del tipo spray dry è il secondo processo al mondo come diffusione dopo il processo ad umido tipo calcare gesso. Il primo spray dry fu installato su un impianto a carbone nel 1980 negli Stati Uniti. A livello mondiale il processo spray dry è largamente diffuso ed è utilizzato dal 74% degli impianti che adottano un sistema di desolforazione a secco, per un totale di 18655 MWe nel 1998.
Il processo utilizza una sospensione di idrossido di calcio (calce idrata) per abbattere la SO_2 presente nei fumi.
In Italia esiste un impianto di desolforazione a secco del tipo spray dry su un gruppo termoelettrico a carbone della ASM di Brescia che produce energia elettrica (circa 60 MWe) e vapore per teleriscaldamento (circa 120 MW termici).
In alcuni impianti a monte dello spray dry è installato un sistema per l'abbattimento del particolato (filtro a maniche o elettrofiltro).
Il sistema consiste essenzialmente di:

- ·assorbitore spray dry (è il reattore in cui avviene la reazione di desolforazione);
- ·un sistema per la captazione del particolato (filtro a maniche o elettrofiltro);
- ·sistemi per lo stoccaggio e/o il ricircolo dei prodotti di reazione che contengono ancora del reagente.

Il reagente utilizzato nel processo è una sospensione di calce idrata (idrossido di calcio) detta "latte di calce", che si ottiene miscelando la calce con un eccesso di acqua oppure spegnendo l'ossido di calcio in acqua. Il latte di calce viene finemente atomizzato all'interno dell'assorbitore dello spray dry, in cui avviene la rimozione della SO_2; L'acqua contenuta nella sospensione di calce evapora per effetto del calore dei fumi in un tempo dell'ordine dei 10 secondi (tempo di permanenza nel reattore); la SO_2 ed eventuali altri gas acidi come HCl e SO_3 reagiscono con la calce formando solfato e solfito di calcio e cloruro di calcio. Poiché l'acqua contenuta nella sospensione evapora completamente non è necessario un impianto di trattamento delle acque reflue.

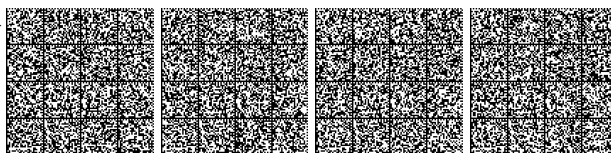
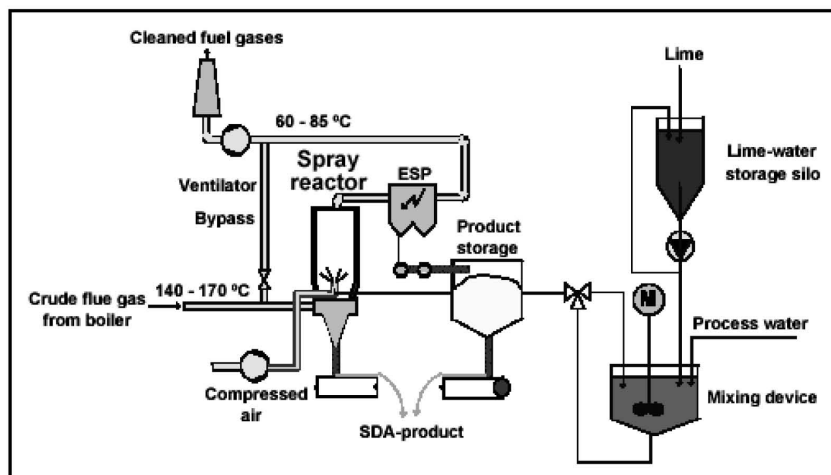
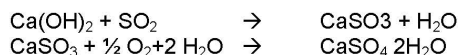



Figura 14 Schema di uno spray dry scrubber

Le reazioni che hanno luogo nel processo sono le seguenti:

$$Ca(OH)_2 + SO_2 \rightarrow CaSO3 + H_2O$$
$$CaSO_3 + ½\, O_2 + 2\, H_2O \rightarrow CaSO_4\, 2H_2O$$

L'assorbimento della SO_2 è fortemente influenzato da fattori quali la temperatura e l'umidità dei fumi, la concentrazione di SO_2 e la dimensione delle gocce di sospensione atomizzata.
Il prodotto di reazione è una miscela sotto forma di polvere di solfito e solfato di calcio e ceneri ed ossido di calcio non reagito, che viene raccolta dall'elettrofiltro o dal filtro a maniche. Una parte del residuo, che contiene ossido di calcio non reagito, viene mescolata con latte di calce fresco e riciclata al reattore.
Sugli impianti europei spray dry è normalmente installato un elettrofiltro o un filtro a maniche che rimuove gran parte del particolato prima dell'ingresso nel reattore. Tale sistema ha il vantaggio di ridurre la quantità di residuo da mettere a discarica, raccoglie un sottoprodotto che è vendibile (le ceneri) riduce l'erosione sui componenti a valle.
Il componente più importante del processo è l'atomizzatore rotante all'interno dell'assorbitore, che è installato al centro del tetto di quest'ultimo e che produce uno spray fine di gocce di sospensione di calce idrata.
Gli ugelli dell'atomizzatore della calce idrata devono garantire una qualità costante nel tempo dello spray prodotto e pertanto devono resistere all'erosione da parte della sospensione e alla corrosione da parte dei fumi e devono avere una bassa tendenza ad intasarsi.
L'utilizzo del reagente negli spray dry è più alto di quello di altri processi di desolforazione a secco e varia tra il 10% ed il 40%; può essere aumentato ricircolando il residuo al reattore, controllando strettamente il rapporto acqua sorbente nella sospensione, diminuendo la temperature di approccio alla saturazione nell'assorbitore e ricircolando una parte dei prodotti di reazione all'assorbitore.
Il residuo prodotto dal processo è una miscela di solfito e solfato di calcio e ceneri, che ha meno mercato rispetto al gesso prodotto dagli impianti di desolforazione a umido del tipo calcare/gesso; viene normalmente messo a discarica. dopo essere stato miscelato con acqua e cenere per stabilizzarlo evitando il rilascio di componenti pericolosi per effetto del contatto con l'acqua piovana e di polveri da parte della calce non reagita.
Il residuo, eventualmente miscelato con altri componenti quali le ceneri da carbone ed il cemento, può essere utilizzato nel settore delle costruzioni (ad es. di strade e di porti) e dei materiali per l'edilizia (mattoni, ghiaia artificiale etc) e nel settore minerario; sono in corso test per l'utilizzo come additivo per fertilizzare terreni che richiedono un apporto di zolfo.
Una sintesi delle prestazioni è riportata nella Tabella 44
Gli spray dry operano di solito 10 – 20 °C al di sopra della temperatura di saturazione e pertanto non richiedono un sistema di riscaldamento prima dell'immissione in atmosfera.

Gli spray dry sono utilizzati prevalentemente su unità di taglia piccola o media (sotto 700 MW termici) che bruciano combustibili con un contenuto di zolfo basso o medio (1,5%); generalmente si tratta di unità soggette a retrofit o che coprono i picchi della produzione di energia.
Gli spray dry si caratterizzano per minori costi di investimento rispetto ai desolforatori a umido (20 – 30% in meno) ma hanno maggiori costi di esercizio rispetto a questi ultimi, principalmente a causa del maggior costo del reagente utilizzato (calce idrata invece di calcare).

Iniezione di sorbente in caldaia
Il processo prevede l'iniezione di un sorbente (calcare polverizzato o calce idrata o dolomite) in caldaie di tipo convenzionale (vedi Figura 15).

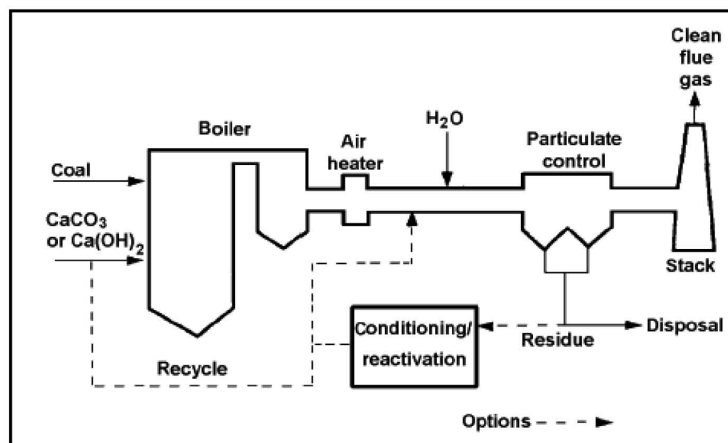



Figura 15 Iniezione di sorbente in caldaia

Il processo, grazie alle alte temperature presenti in caldaia, porta alla formazione di particelle reattive di ossido di calcio (CaO). La superficie esterna di queste particelle reagisce con la SO_2 presente nei fumi con la formazione di solfito ($CaSO_3$) e solfato di calcio ($CaSO_4$). Tali prodotti di reazione sono poi captati dai sistemi di abbattimento del particolato (filtro a maniche o elettrofiltro).
La Figura 16 illustra le reazioni che hanno luogo.

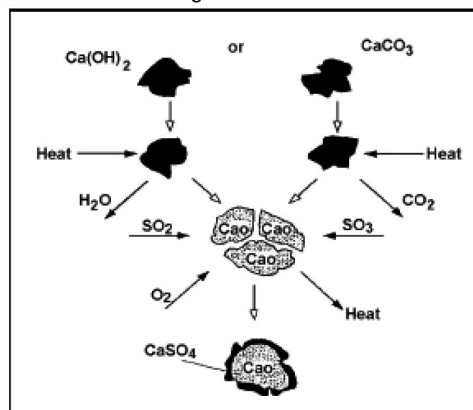
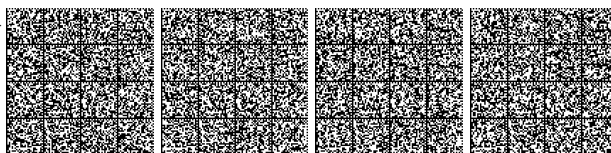
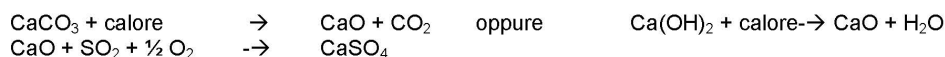



Figura 16 Reazione di desolforazione

$CaCO_3$ + calore	→	CaO + CO_2	oppure	$Ca(OH)_2$ + calore-→ CaO + H_2O
CaO + SO_2 + ½ O_2	-→	$CaSO_4$		

Il range di temperatura che consente la reazione di desolforazione in caldaia tra il CaO e la SO_2 è 980 – 1230 °C, con un tempo di permanenza di almeno 1,5 secondi.
L'efficienza di abbattimento della SO_2 è di circa il 50% con un rapporto Ca/S di 2 – 4 e con iniezione del sorbente (calcare) alle temperature ideali; l'efficienza di abbattimento e l'utilizzo del reagente sono inferiori rispetto a quelle di altri sistemi di desolforazione.
L'iniezione di sorbente in caldaia oltre alla SO_2 abbatte, almeno in parte, anche la SO_3.
L'efficienza di abbattimento della SO_2 può essere aumentata di circa il 10% iniettando acqua nel condotto a monte dell'elettrofiltro e può arrivare a 70 – 90% mediante il riciclo in caldaia dei prodotti di reazione.
Il processo è adatto per unità di piccola taglia che utilizzano combustibili a basso contenuto di zolfo; è relativamente semplice e richiede meno manutenzione e utilizzo di personale di altri processi.
I prodotti di reazione sono messi a discarica, al contrario di quanto accade per il gesso prodotto dai desolforatori tipo Wet FGD che è vendibile, ma richiedono una certa attenzione a causa della presenza di calce viva (CaO) e solfito di calcio. La movimentazione e la messa a discarica dei prodotti di reazione costituiscono una complicazione di questo processo; se si opera con un rapporto Ca/S pari a 2 con un carbone con il 10% di cenere, si triplica quasi la quantità di polveri che deve essere capata dall'elettrofiltro e poi smaltita in discarica.

In Italia nel settore termoelettrico esiste solo un impianto installato su una unità a carbone da 75 MWe dell'ENEL; tale impianto attualmente non è utilizzato.

Iniezione di sorbente nei condotti fumi
Il processo prevede l'iniezione di un sorbente a base di calcio o di sodio nei condotti fumi a monte del sistema per la captazione del particolato (filtro a maniche o elettrofiltro). Vedi Figura 17

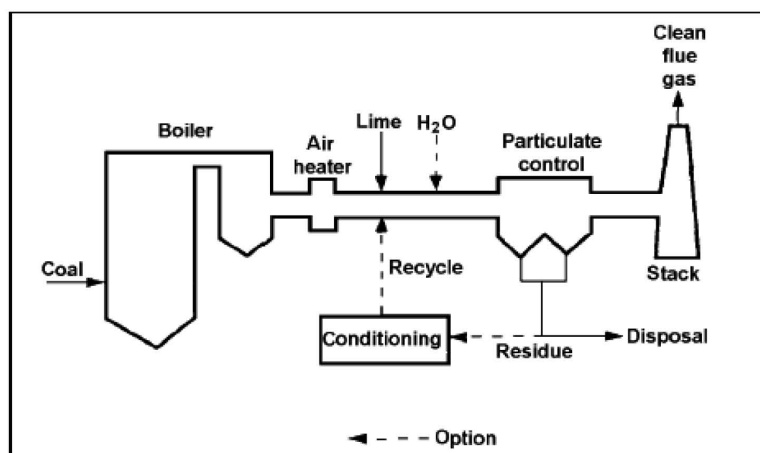
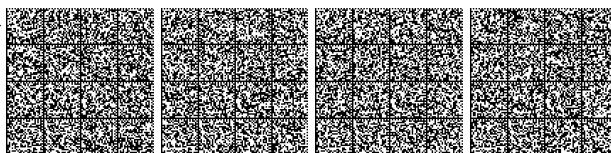



Figura 17 Iniezione di sorbente nei condotti fumi

I sorbenti utilizzati sono:
- la calce idrata secca, che richiede l'umidificazione dei fumi mediante l'iniezione di acqua negli stessi;
- il bicarbonato di sodio ($NaHCO_3$), che non richiede l'umidificazione dei fumi;
- la calce idrata in sospensione acquosa, che non richiede l'umidificazione dei fumi.

L'umidificazione dei fumi ha lo scopo di migliorare l'efficienza di abbattimento della SO_2 e di condizionare il particolato per mantenere accettabili le prestazioni dell'elettrofiltro.
Nel caso si utilizzi bicarbonato di sodio come sorbente le reazioni sono le seguenti:

$$2NaHCO_3 \rightarrow Na_2CO_3 + CO2 + H_2O$$
$$Na_2CO_3 + SO_2 \rightarrow Na_2SO_3 + CO_2$$
$$Na_2CO_3 + SO_2 + ½ O_2 \rightarrow Na_2SO_4 + CO_2$$

Il bicarbonato si decompone a carbonato per effetto della temperatura; la superficie esterna delle particelle di carbonato reagisce con la SO_2 per formare solfito e solfato di sodio.
Il processo si caratterizza per il basso costo di investimento e per la semplicità; l'efficienza di abbattimento della SO_2 è relativamente bassa (in genere non più del 50%), come pure è bassa l'utilizzazione del reagente se non si effettua il riutilizzo dei prodotti di reazione (nel caso dell'utilizzo della calce idrata come sorbente è del 15 – 30%). Questo implica che una percentuale elevata (70 – 85%) della calce iniettata è captata dall'elettrofiltro e poi viene messa a discarica con le ceneri.
I processi emergenti mirano ad ottenere una efficienza di abbattimento della SO_2 di 70 – 95%; il ricircolo (riutilizzo) del sorbente già utilizzato è stato di recente adottato in molti processi per migliorare l'utilizzazione del reagente e l'efficienza di abbattimento della SO_2. In pratica i solidi raccolti dall'elettrofiltro o dal filtro a maniche vengono iniettati nei condotti fumi per dare alla calce non reagita la possibilità di reagire con la SO_2.
Una sintesi delle prestazioni è riportata nella Tabella 45
A livello mondiale unità per una potenza complessiva di poco meno di 6000 MWe (pari al 23% delle unità che adottano processi di desolforazione a secco) utilizzano il processo di iniezione di sorbente nei condotti fumi.
In Italia il processo è utilizzato prevalentemente su impianti di incenerimento rifiuti e su alcuni impianti di piccola taglia alimentati a biomasse che producono energia elettrica, ma non sugli impianti termoelettrici alimentati a combustibili fossili.
Il processo è competitivo economicamente su unità di piccola taglia e per interventi di retrofit su vecchie unità; i costi di investimento sono bassi ma i reagenti sono più costosi di quelli adottati dai processi calcare/gesso a umido, determinando quindi un incremento delle spese di esercizio.

In un particolare processo di desolforazione a secco che ha alcune applicazioni all'estero, il particolato raccolto dal filtro a maniche o dall'elettrofiltro, ricco di sorbente (idrossido di calcio) viene miscelato con il sorbente fresco e con acqua in un apposito miscelatore. Questa miscela è poi iniettata nel reattore di desolforazione a secco posto a monte del filtro a maniche (o dell'elettrofiltro). Il vantaggio di questo particolare processo è costituito dalla sua semplicità in quanto il miscelatore è più semplice degli atomizzatori rotanti e gli ugelli con due fluidi come nei processi di desolforazione tipo spray dry.

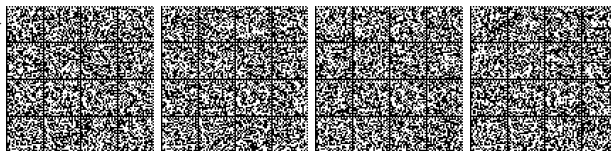
Tecnica	**Efficienza abbattimento SO_2**	*Altri parametri*		*Note*
		Parametri	Valore	
Processo ad umido calcare/gesso	92% - 98% in funzione del tipo di assorbitore	Temperatura di esercizio	45 – 80 °C	- Della potenza totale dotata di FGD, 80% sono wet scrubbers di cui 72% utilizzano calcare, 16% calce e 12% altri reagenti. - la scelta del calcare (alta % di $CaCO_3$, basso Al, F, Cl) è importante per ottenere buona efficienza di abbattimento della SO_2 - talvolta si utilizzano additivi organici per mantenere il valore del pH della soluzione all'interno dello scrubber - la perdita di energia per il riscaldamento dei fumi è elevata rispetto ai sistemi FGD a secco, che generalmente non ne hanno bisogno - il problema di alcuni GGH che operano a 150 °C riguarda il passaggio (fuga) al loro interno (3 – 5%, 1% su FGD recenti, dei fumi va direttamente al camino senza abbattimento SO_2), questo nel caso in cui i fumi sporchi sono in pressione rispetto a quelli puliti. - parecchi FGD adottano lo scarico dei fumi puliti all'interno di una torre di raffreddamento; questo può eliminare la necessità di riscaldare i fumi, risparmiando l'energia e con minori concentrazioni di inquinanti a livello del suolo - la produzione di acque reflue è uno svantaggio degli FGD a umido calcare/gesso - elevato consumo di acqua - perdita del rendimento globale dell'unità a causa dell'elevato consumo di energia del wet FGD
		Reagente	Calcare o calce idrata	
		Consumo di energia come % della potenza installata	1 – 3%	
		Rapporto molare Ca/S	1,02 – 1,1	

Tabella 43 - Prestazioni del sistema ad umido calcare/gesso per l'abbattimento della SO_2

Tecnica	Efficienza abbattimento SO_2	*Altri parametri*		*Note*
		Parametri	Valore	
Processo a secco spray dry	85 - 92%	Temperatura di esercizio	120 – 160 °C (ingresso) 65 – 80 °C (uscita)	- efficienza di abbattimento SO_3 superiore a quella degli FGD ad umido - il serbatoio in cui viene spenta la calce permette lo spegnimento di calce con una pezzatura 2 – 11 mmm. - l'utilizzo di mulini per lo spegnimento della calce può aumentare la reattività della calce spenta -- poiché la potenza assorbita dai sistemi per l'abbattimento di polveri e NO_X è meno di 0,1%, la potenza totale assorbita da unità che adottano lo spray dry è sotto 1%, contro 1,0 – 3 % dei wet FGD - il costo della calce quattro o cinque volte superiore a quello del calcare dei wet FGD è probabilmente lo svantaggio maggiore per gli spray dry - gli spray dry sono utilizzati normalmente su unità a carbone, tuttavia il processo è applicabile anche a unità ad olio, lignite o torba - l'efficienza degli scrubber degli spray dry dipende molto dal sistema per l'abbattimento del particolato (ad es. filtro a maniche o elettrofiltro), poiché la desolforazione ha luogo in parte, ad esempio, nello strato che si forma sulle maniche.
		Reagente	Calce idrata o ossido di calcio	
		Consumo di energia come % della potenza installata	0,5 – 3%	
		Max. portata fumi per assorbitore	500.000 Nm^3/h	
		Contenuto di solidi nel liquido iniettato	20 – 50%	
		Recirculation rate del sorbente già utilizzato	10 - 15	
		Affidabilità	97 – 99%	
		Sottoprodotto	Miscela di ceneri leggere, sorbente non reagito e $CaSO_3$	
		Consumo di acqua	24 – 40 l/1000 m^3 di fumi	
		Acque reflue	Nessuna	

Tabella 44 - Prestazioni del sistema a secco spray dry per l'abbattimento della SO_2

Tecnica	**Efficienza abbattimento SO_2**	*Altri parametri*		*Note*
		Parametri	Valore	
Iniezione di sorbente in caldaia	40% - 50% 70% - 90% se si riciclano i prodotti di reazione	Temperatura di funzionamento	980 – 1230 °C (caldaia) 540 °C (economizzatore)	- L'efficienza di abbattimento della SO_2 è essenzialmente funzione del rapporto molare Ca/S, del tipo di sorbente, del contenuto di umidità dei fumi, del tipo di caldaia e del carico di caldaia. - Per aumentare l'efficienza di abbattimento della SO_2 (di circa il 10%) si può spruzzare acqua nel condotto a monte elettrofiltro. - Possono verificarsi problemi di fouling (incrostazioni), slagging (formazione di scorie fuse) e stabilità di fiamma in caldaia. - Il processo può aumentare la percentuale di incombusti nelle ceneri.
		Sorbente	Calcare, calce idrata, dolomite	
		Affidabilità	99,9%	
		Perdita di rendimento della caldaia	2%	
		Consumo di energia come % della potenza installata	0,01 – 0,5	
		Residuo	Miscela di sali di calcio	
Iniezione di sorbente nei condotti fumi	50 - 90% (>90% ottenuto in un impianto negli Stati Uniti)	Temperatura di funzionamento	130 – 150 °C (valle riscaldatore aria)	-Basso costo di investimento ed installazione molto semplice. - Processo adatto per il retrofit di impianti esistenti (modesta necessità di spazio e breve tempo di installazione). - Nessuna produzione di acque reflue. - La movimentazione delle ceneri è più difficoltosa poiché la cenere è arricchita di calce non reagita che provoca l'indurimento se bagnata. - Aumenta la possibilità di depositi sulle pareti dei condotti fumi e di conseguenza determina un allungamento nei tempi di manutenzione con conseguente aumento dei valori di indisponibilità.
		Sorbente	Calcare, calce idrata, dolomite, bicarbonato o carbonato di sodio.	
		Affidabilità	99,9%	
		Consumo di energia come % della potenza installata	0,5%	
		Residuo	Miscela di sali di calcio	

Tabella 45 - Prestazioni dei sistemi di desolforazione a secco mediante di iniezione di sorbente in caldaia e nei condotti fumi

6.2 Tecniche per ridurre le emissioni di NO_X

Gli ossidi di azoto (NO_X) che si formano durante la combustione dei combustibili fossili sono principalmente NO, NO_2 e N_2O; NO contribuisce per oltre il 90% al totale degli NO_X in molti tipi di sistemi di combustione. Ci sono tre diversi meccanismi di formazione degli NO_X: termico (ossidazione dell'azoto dell'aria), prompt, formazione di NO_X dall'ossidazione dell'azoto presente nel combustibile. Per una visione d'insieme dei processi di denitrificazione vedi la Tabella 46, aggiornata al 1999.

Plants and technique	Number of sites and electrical power		Plants with DENOX and controlled electrical power	
Country	No of sites	MW_e	No of sites	Electrical. power (MW_e)
Austria	18	4852	17	4178
Belgium	31	5867	-	-
Denmark	13	8447	4	1754
Germany	960 (N2)	91090	166	35249
Greece	10	6138	-	-
Finland	30	5054	2	600
France	17	18218	6	1850
Ireland	10	2955	-	-
Italy	79	41873	27	15690
Luxembourg	-	-	-	-
Netherlands	15	9632	3	1470
Portugal	6	4514	-	-
Spain	41	19357	-	-
Sweden	41	5303	25	2534
United Kingdom	26	37718	-	-
EU-15 (1996)	1297	261015	243	62175
(EU-15 96 - 99) (N3)	(>20)	(>8000)	(>3)	(>2000)

Notes:
N 1 including fluidised bed combustion
N 2 including German industrial power plants >50 MW_{th})
N3 rough estimates

Tabella 46 DeNOx dei grandi impianti di combustione nell' EU-15

6.2.1 Misure primarie per ridurre le emissioni di NO_X

Esiste una notevole varietà di misure che riducono la formazione degli ossidi di azoto negli impianti di combustione (vedi Figura 18). Tutte queste misure modificano i parametri di esercizio o di progetto degli impianti di combustione in modo tale che la formazione degli ossidi di azoto è ridotta o in modo tale che gli ossidi di azoto già formati siano convertiti all'interno della caldaia.

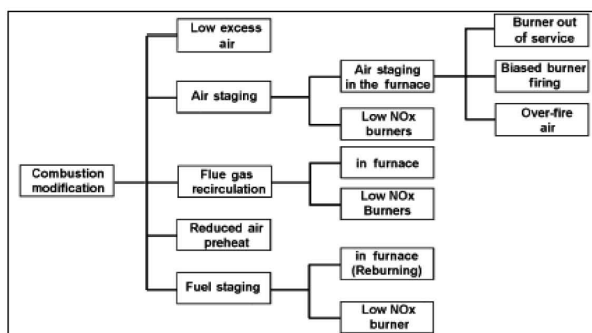
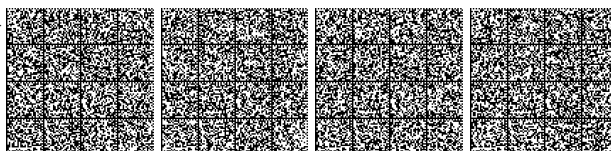



Figura 18 Schema delle misure primarie per ridurre delle emissioni di NO_X

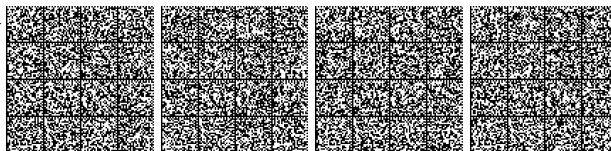
Quando si utilizzano le misure primarie è importante evitare effetti negativi sull'esercizio della caldaia e sulla formazione di altri inquinanti. Pertanto per l'esercizio a basso NO_X dovrebbero essere presi in considerazione i seguenti criteri:

- sicurezza di esercizio (ad es. la stabilità di fiamma ai vari carichi);
- affidabilità dell'esercizio (ad es. per evitare corrosione, erosione, fouling, slagging, surriscaldamento dei tubi etc);
- possibilità di bruciare vari tipi di combustibili;
- combustione completa per ridurre il contenuto di incombusti nelle ceneri poiché un contenuto inferiore al 5% è la condizione usuale per la vendita delle stesse ai cementifici e per ridurre le emissioni di monossido di carbonio (CO);
- riduzione al minimo delle emissioni di inquinanti, in particolare evitando la formazione di altri inquinanti, ad es. particolato o N_2O;
- minimo impatto sui sistemi di depurazione dei fumi;
- costi di manutenzione modesti.

Eccesso d'aria ridotto

Il basso eccesso d'aria è una semplice misura di esercizio per la riduzione delle emissioni di NO_X. Riducendo la quantità di ossigeno disponibile nella zona di combustione al minimo necessario per ottenere una combustione completa, si riduce la conversione a NO_X dell'azoto presente nel combustibile e di quello termico.
Questa misura può conseguire riduzioni consistenti di emissioni di NO_X soprattutto su vecchi impianti termici, pertanto è utilizzata su molti grandi impianti di combustione. Di solito i nuovi impianti sono dotati di sistemi di misura e di controllo che consentono una regolazione ottimale dell'aria di combustione.
La combustione a basso eccesso d'aria non richiede energia addizionale e se ben condotta non riduce la disponibilità dell'impianto.
Tuttavia a basso eccesso d'aria la combustione può essere incompleta e può aumentare il contenuto di incombusti nelle ceneri; ridurre l'ossigeno a valori molto bassi può anche portare alla formazione di elevate quantità di monossido di carbonio. Inoltre può diminuire la temperatura del vapore prodotto dalla caldaia.
Tutto questo può portare alla riduzione del rendimento di caldaia, a slagging e a corrosione con la conseguenza di non poter eccedere nella riduzione dell'eccesso d'aria.
L'utilizzo di questa tecnica senza adeguato controllo può portare a problemi di sicurezza, quali incendi nei riscaldatori d'aria, nelle tramogge delle ceneri ed al danneggiamento delle pareti di caldaia.

Air staging

La riduzione delle emissioni di NO_X tramite l'air staging si basa sulla creazione di due distinte zone di combustione, una primaria con ossigeno insufficiente ed una secondaria con eccesso di ossigeno per garantire il completamento della combustione.
L'air staging riduce la quantità di ossigeno disponibile (70 – 90% dell'aria di combustione) nella zona di combustione primaria. Le condizioni sottostechiometriche nella zona primaria riducono la conversione dell'azoto del combustibile a NO_X; anche la formazione degli NO_X termici (derivanti dall'ossidazione dell'azoto presente nell'aria) si riduce in parte per l'abbassamento dei picchi di temperatura.
Il 10 – 30% dell'aria è iniettato sopra la zona di combustione (nella zona di combustione secondaria); la combustione ha luogo con un maggior volume di fiamma. La temperatura relativamente bassa nella zona di combustione secondaria limita la produzione degli NO_X termici.
Nelle caldaie degli impianti termoelettrici sono applicate le seguenti opzioni per ottenere l'air staging.

Burners Out Of Service (BOOS): poiché la messa fuori servizio di alcuni bruciatori non richiede modifiche rilevanti degli impianti di combustione, questa tecnica è frequentemente utilizzata per il retrofit di caldaie esistenti. I bruciatori inferiori operano in condizioni di eccesso di combustibile (rispetto all'aria), mentre i bruciatori superiori sono fuori servizio ed iniettano solo aria. L'effetto di questa tecnica è simile a quello dell'OFA (vedi sotto) ma la riduzione delle emissioni di NO_X ottenibile è generalmente inferiore.
Possono verificarsi problemi per mantenere l'input termico della caldaia, poiché deve essere fornita la stessa energia termica con meno bruciatori in funzione. Pertanto questa tecnica è utilizzata quasi esclusivamente su unità ad olio/gas.
In Italia alcune unità termoelettriche ad olio/gas di taglia da 150 MWe fino a 660 MWe adottano o hanno adottato in passato con buoni risultati questa tecnica per la riduzione delle emissioni di NO_X. Questa tecnica se impiegata da sola non è generalmente in grado di garantire il rispetto del limite, pari a 200 mg/Nm^3, alle emissioni di NO_X in vigore per le unità di potenza maggiore di 500 MW

termici, mentre può consentire il rispetto del limite che vale per le unità di potenza inferiore, pari a 650 mg/Nm^3. La tecnica può essere utilizzata anche per ridurre la concentrazione di NO_X in ingresso all'impianto di denitrificazione catalitica (SCR).

Over Fire Air (OFA): per consentire l'esercizio in assetto OFA (aria di post combustione iniettata sopra i bruciatori) sono installati ugelli per l'immissione dell'aria al di sopra dei bruciatori esistenti. Una parte dell'aria di combustione è iniettata tramite questi ugelli (detti ugelli OFA o anche NO_X ports) che sono collocati sopra la fila superiore di bruciatori. I bruciatori operano con basso eccesso d'aria (o addirittura in sottostechiometria), il che inibisce la formazione degli NO_X; mentre l'aria iniettata dagli ugelli OFA garantisce il completamento della combustione. Normalmente il 15 – 30% dell'aria di combustione viene inviata agli ugelli OFA.
La tecnica OFA è stata sviluppata inizialmente per le caldaie del tipo tangenziale e poi estesa anche alle caldaie con bruciatori frontali (NO_X ports).
In Italia la prima applicazione su una caldaia di un impianto termoelettrico risale alla fine degli anni 80 (un gruppo a carbone a combustione tangenziale da 170 MWe); sono seguite numerose altre applicazioni su unità a carbone e ad olio/gas di taglia fino a 660 MWe. Numerose unità termoelettriche in Italia ed all'estero adottano questa tecnica per la riduzione delle emissioni di NO_X insieme con altre misure primarie come i bruciatori basso NO_X o in associazione con misure secondarie come la denitrificazione catalitica.
La tecnica del reburning, di seguito trattata, necessita comunque di aria di post-combustione e quindi richiede l'installazione di ugelli OFA o di NOx ports.
L'applicazione della tecnica in oggetto a caldaie esistenti comporta la modifica delle parti in pressione delle stesse per l'installazione degli ugelli OFA e l'installazione di condotti, serrande e di apposite casse d'aria.

Le tecniche di air staging correttamente utilizzate non aumentano di solito il consumo di energia dell'unità e non influenzano negativamente la disponibilità.
I principali inconvenienti delle tecniche di air staging sono la maggior produzione di CO se gli ugelli OFA (o le NO_X ports) non sono stati installati in maniera opportuna; un altro effetto è l'aumento di incombusti nelle ceneri sulle caldaie sottoposte a retrofit, dovuto al minor volume disponibile tra la fine della zona in cui avviene la combustione e i primi banchi di scambio termico.
Questa tecnica è relativamente economica; è spesso utilizzata insieme con altre misure primarie come i bruciatori basso NO_X, pertanto non è facile stimare il solo costo dell'air staging.

Il ricircolo di fumi in caldaia porta alla riduzione dell'ossigeno disponibile nella zona di combustione e poiché raffredda direttamente la fiamma, ad una diminuzione della temperatura di fiamma: di conseguenza si riducono la conversione a NO_X dell'azoto presente nel combustibile e la formazione degli NO_X termici.
Il ricircolo di fumi nell'aria di combustione ha dimostrato di essere un metodo efficace per l'abbattimento degli NO_X in caldaie che operano con temperature elevate, come le caldaie del tipo "wet bottom" e le caldaie ad olio/gas. Per uno schema vedi Figura 19.
Almeno per quanto riguarda le applicazioni realizzate in Italia (tutte su caldaie ad olio/gas), parte dei fumi (20 – 30% alla temperatura di 350 – 400 °C) è ripreso tramite un ventilatore dedicato a valle dell'economizzatore (monte riscaldatore aria) e ricircolato alla caldaia. I fumi ricircolati possono essere miscelati con l'aria di combustione nella cassa d'aria o con l'aria di staging. Devono essere installati bruciatori adatti a funzionare in presenza di gas ricircolato.
Se la quantità di gas ricircolato è eccessiva possono manifestarsi problemi quali corrosioni con combustibili contenenti zolfo, perdita di rendimento per maggior temperatura dei fumi al camino e potenza assorbita dai ventilatori, problemi di esercizio per lo spostamento del carico termico dalla camera di combustione alle parti convettive della caldaia.
Pertanto si tende a limitare la quantità di gas ricircolato (a circa il 30%) e si riducono le emissioni mediante i bruciatori a basso NO_X.
Nella versione più semplice, ma anche meno efficace, il gas ricircolato è inviato nella tramoggia di fondo caldaia tramite il ventilatore ricircolo gas (che comunque è presente su tutte le unità olio/gas).

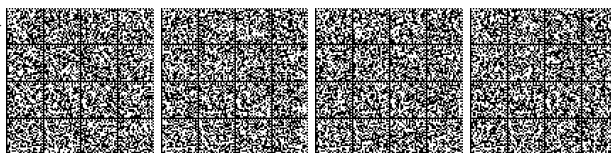
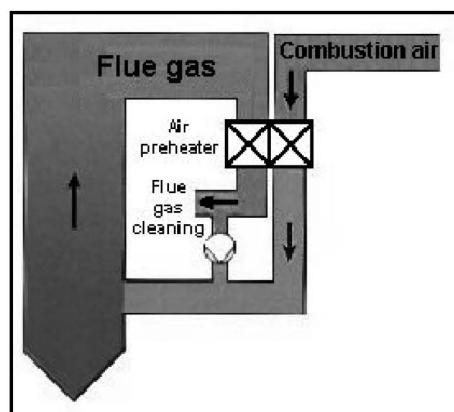



Figura 19 Ricircolazione del gas di combustione

Fuel staging (reburning)
Lo staging del combustibile (reburning) si basa sulla creazione di differenti zone in caldaia tramite l'iniezione su più livelli ("staged") di combustibile ed aria. Lo scopo è ridurre gli ossidi di azoto già formati ad azoto molecolare. La combustione può essere divisa in tre zone (vedi Figura 20).

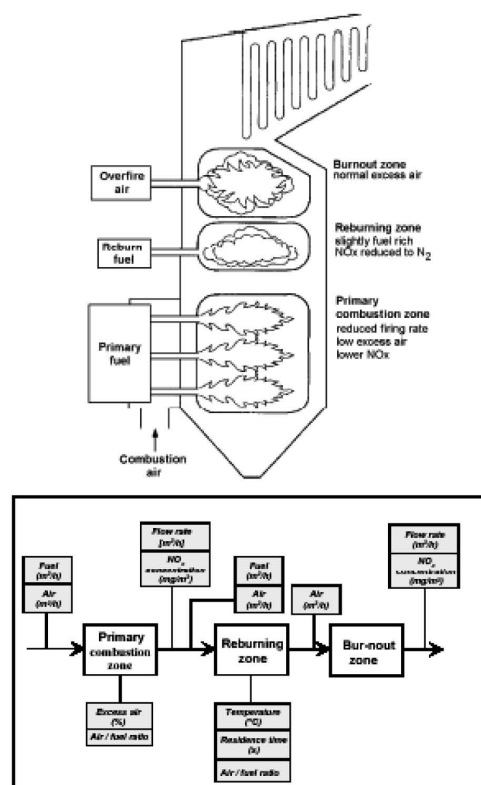



Figura 20 Le tre zone di combustione e i relativi parametri in un processo di reburning*

- Nella zona di combustione primaria (che può essere dotata di misure primarie come i bruciatori a basso NO_X) il combustibile brucia in atmosfera ossidante o leggermente riducente. La zona di combustione primaria serve per evitare il trasferimento di ossigeno in eccesso nella zona di reburning, il che altrimenti porterebbe alla formazione di NO_X.
- Nella seconda zona di combustione (zona di reburning) il combustibile di reburning è iniettato in atmosfera riducente. I radicali di idrocarburo formatisi reagiscono con gli NO_X prodotti nella zona di combustione primaria.
- Nella terza zona (zona di burn-out), la combustione è completata dall'iniezione di aria tramite gli ugelli OFA.

Diversi combustibili possono essere utilizzati come combustibili di reburning (carbone polverizzato, olio combustibile, gas naturale etc), ma il gas naturale è quello più utilizzato per le sue caratteristiche. L'olio o il carbone contengono azoto che bruciando produce inevitabilmente NO_X nella zona di burn-out, mentre il gas naturale non contiene azoto. Vedi Figura 21

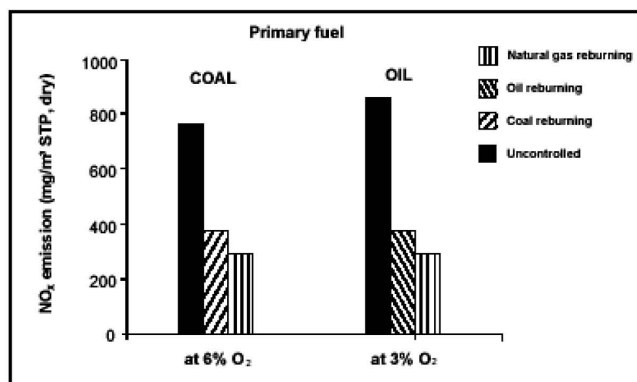
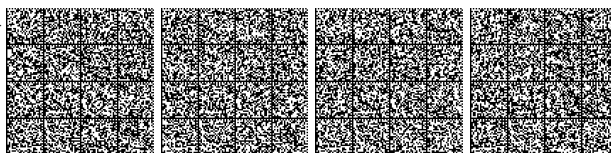



Figura 21 Confronto tra carbone, olio e gas come combustibili reburning
fonte (BRef)

L'efficienza di abbattimento degli NO_X del reburning dipende da diversi fattori.

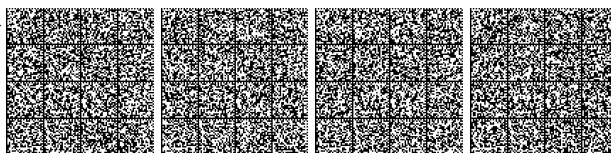
- Temperatura: per ottenere bassi NO_X, la temperatura nella zona di reburning dovrebbe essere la più alta possibile (>1200 °C).
- Tempo di permanenza: l'aumento del tempo di permanenza nella zona di reburning favorisce la riduzione degli NO_X; un tempo adeguato è compreso tra 0,4 e 1,5 secondi.
- Stechiometria della zona di reburning: la stechiometria dovrebbe essere nel range 0,7 – 0,9.
- Tipo di combustibile.
- Qualità della miscelazione tra il combustibile di reburning ed i fumi prodotti nella zona di combustione primaria.
- Eccesso d'aria nella zona di combustione primaria: la stechiometria è circa 1,1.

In teoria il reburning può essere applicato su tutti i tipi di unità a combustibile fossile ed in combinazione con le tecniche di combustione a basso NO_X (per il combustibile primario).Questa tecnica di riduzione degli NO_X, molto adatta per le caldaie nuove, necessita di grandi volumi della camera di combustione per non avere incombusti eccessivi.
Il reburning è meno adatto per il retrofit di caldaie esistenti, che possono presentare problemi dovuti alla mancanza di spazio.
Il reburning è stato installato su grandi unità termoelettriche negli Stati Uniti, Giappone, Olanda, Germania, Italia, Gran Bretagna.
In Italia il reburning è stato utilizzato con successo su numerose caldaie di grande taglia (da 320 MWe fino a 660 MWe) alimentate ad olio combustibile e gas, sia del tipo a bruciatori frontali contrapposti che del tipo a bruciatori tangenziali. In questi casi, poiché l'efficienza di abbattimento degli NO_X del reburning è più elevata di quella dell'OFA e dei bruciatori a basso NO_X, il reburning ha consentito di ridurre le emissioni di NO_X al di sotto dei limiti di legge (200 mg/Nm^3 di NO_X normalizzati

al 3% di O_2) per le unità di grande taglia ad olio combustibile; questo ha consentito di evitare l'installazione di impianti del tipo SCR.
Il maggior problema di questa tecnica è dovuto a combustione incompleta; il reburning si adatta particolarmente a caldaie con un tempo di permanenza adeguato; il miglior combustibile di reburning è il gas naturale, essenzialmente perché brucia bene, non produce particolato e non contiene azoto organico e zolfo.
Il costo del reburning dipende dalla struttura della caldaia e dal combustibile utilizzato. Si è visto che il reburning non è "cost effective" come i bruciatori basso NO_X utilizzati insieme all'OFA, a meno che non consenta di evitare, grazie alla maggior efficienza di abbattimento, l'installazione di impianti catalitici del tipo SCR, come detto prima.

Bruciatori a basso NO_X
I bruciatori a basso NO_X sono installati su caldaie del tipo a bruciatori frontali contrapposti o con bruciatori collocati solo sul fronte (invece sulle caldaie a bruciatori tangenziali si utilizza l'OFA); hanno raggiunto un livello di sviluppo maturo, anche se un considerevole lavoro di ricerca è ancora in corso per il miglioramento di quelli esistenti.
Poiché i dettagli realizzativi dei bruciatori basso NO_X possono cambiare considerevolmente da costruttore a costruttore, si descriverà solo il principio generale di funzionamento.
Nei bruciatori classici il combustibile e l'aria di combustione sono iniettati nella stesso punto. La fiamma che ne risulta è composta da una zona primaria ad alta temperatura ed in condizioni ossidanti che si trova alla radice della fiamma e da una zona più fredda che si trova all'estremità della fiamma. La zona primaria produce la maggior parte degli NO_X, che aumentano esponenzialmente con la temperatura, mentre il contributo della zona secondaria è piuttosto modesto.
I bruciatori a basso NO_X introducono l'aria ed il combustibile in modo diverso, in modo da ritardare la miscelazione, ridurre la disponibilità dell'ossigeno e ridurre il picco di temperatura nella fiamma; rallentano la conversione dell'azoto presente nel combustibile a NO_X e la formazione degli NO_X termici, mantenendo comunque una alta efficienza di combustione.
La perdita di carico nel circuito dell'aria aumenta, il che porta ad una diminuzione del rendimento complessivo.
Generalmente deve essere aumentata la finezza di macinazione del carbone (per contenere gli incombusti nelle ceneri a valori accettabili), con conseguente aumento degli interventi di manutenzione (aumento della indisponibilità) e dei consumi del ciclo.
Si possono avere problemi di corrosione del bruciatore stesso; in Italia si sono verificati in passato fenomeni di corrosione a caldo, poi risolti, dei componenti esposti alla fiamma di bruciatori basso NO_X tipo XCL e TEA installati su caldaie ad olio combustibile/gas.
In Italia i bruciatori a basso NO_X sono stati installati con buoni risultati su alcune unità a carbone di taglia fino a 660 MWe, normalmente insieme con l'OFA (NO_X ports) e saranno installati anche su altre unità ancora da realizzare. Sono anche installati su caldaie a bruciatori frontali ad olio/gas di taglia fino a 320 MWe.
Il passaggio a tecniche di combustione a basso NO_X richiede almeno la sostituzione dei bruciatori e l'installazione dell'OFA. Se i bruciatori esistenti sono di tipo classico (non basso NO_X) la sostituzione dei bruciatori con altri a basso NO_X può essere molto conveniente dal punto di vista economico. Invece la convenienza di sottoporre a retrofit bruciatori a basso NO_X di vecchio tipo deve essere stabilita caso per caso.
In impianti nuovi l'installazione di un bruciatore a basso NO_X al posto di un bruciatore convenzionale non comporta problemi aggiuntivi; nel caso di un retrofit devono essere previste modifiche all'impianto che sono sito specifiche e pertanto non determinabili in termini generali.
I bruciatori a basso NO_X comportano maggiori costi di esercizio, prevalentemente dovuti al maggior consumo di energia per:

- maggior potenza per i ventilatori, a causa della maggior perdita di carico attraverso i bruciatori;
- la necessità di migliorare la macinazione del carbone nel caso di caldaie alimentate con questo combustibile o l'aumento dell'eccesso d'aria nel caso di caldaie ad olio/gas per garantire una buona combustione nelle condizioni di combustione tipiche di questi bruciatori (presenza di zone all'interno della fiamma con ossigeno ridotto).

I bruciatori a basso NO_X si dividono essenzialmente in due tipi: air-staged e fuel staged.

Bruciatori basso NO_X air-staged

E' questo il tipo più diffuso di bruciatore a basso NO_X, ed è quello utilizzato, in vari modelli, sui gruppi termoelettrici italiani sia a carbone che ad olio/gas.
Nel bruciatore l'aria primaria è miscelata con la quantità totale di combustibile, producendo una fiamma ricca di combustibile che è relativamente fredda e carente di ossigeno, condizioni che inibiscono la formazione degli NO_X. La miscela aria combustibile e l'aria "secondaria", come mostrato in Figura 22, creano una zona di combustione sotto stechiometrica (fiamma primaria). Lo swirl dell'aria "secondaria" e l'apertura conica del bruciatore generano una zona di ricircolo interno, che riscalda rapidamente il combustibile. Lo swirl della fiamma secondaria è necessario per la stabilità di fiamma. I composti volatili sono così riportati nella fiamma primaria insieme con buona parte dei composti contenenti azoto. Grazie all'atmosfera povera di ossigeno ed alla alta concentrazione di CO, l'ossidazione dei composti di azoto a NO è ridotta. Assieme con l'aria "secondaria" si crea una zona di completamento della combustione ("terziaria"), in cui, a temperature relativamente basse, ha luogo la combustione lenta del combustibile non ancora bruciato. La bassa concentrazione di ossigeno limita la formazione di NO_X in questo stadio.

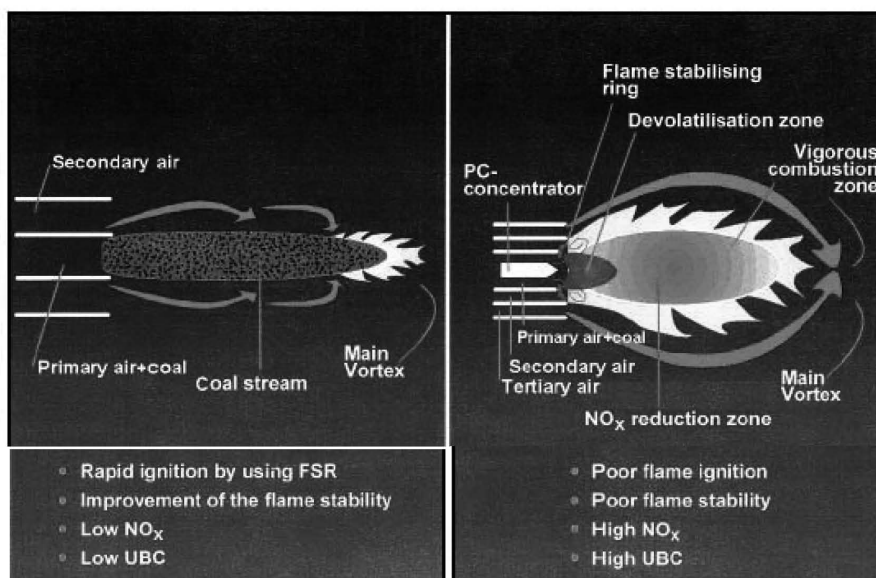



Figura 22*:* comparazione tra bruciatori basso NOx air-staged convenzionali e più innovativi

Bruciatori basso NO_X fuel -staged

Questo tipo di bruciatore è prevalentemente usato su caldaie a gas.
In questo tipo di bruciatore una parte del combustibile è bruciato con elevato eccesso d'aria nella zona primaria, che rende possibile una bassa temperatura di fiamma, che inibisce la formazione degli NO_X. Il restante combustibile (in genere il 20 – 30%) è iniettato ad una certa distanza a valle della fiamma primaria per creare una seconda fiamma (detta secondaria), che è molto sotto stechiometrica e pertanto ricca di radicali di NH_3, HCN e CO che riducono gli NO_X ad azoto molecolare. Esiste poi una terza zona di completamento della combustione.
In Italia i bruciatori basso NO_X di questo tipo non sono attualmente utilizzati sulle caldaie delle unità termoelettriche; in passato per un certo periodo è stata utilizzata su alcuni gruppi ad olio/gas con bruciatori frontali la combustione concentrica in cui il combustibile primario era olio combustibile, mentre quello che dava origine alla zona secondaria era gas. Peraltro i bruciatori utilizzati non erano del tipo a basso NO_X, ma si trattava di bruciatori convenzionali di caldaie che funzionavano in assetto BOOS.

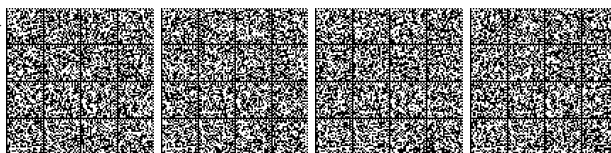
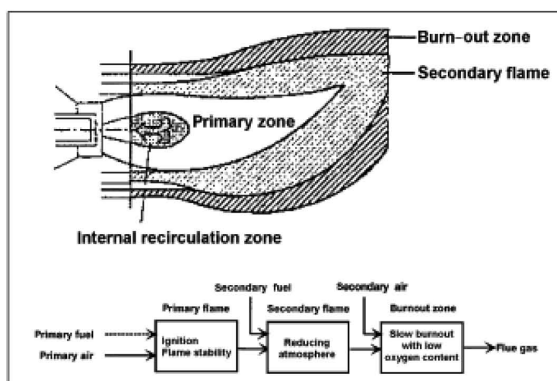



Figura 23 Bruciatori basso NO_X fuel –staged

Una sintesi delle prestazioni delle misure primarie è riportata nella Tabella 47 e nella Tabella 48

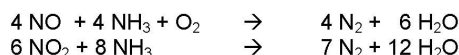
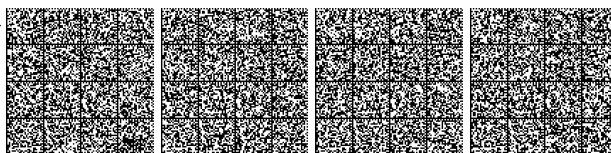
6.2.2 Misure secondarie per ridurre le emissioni di NO_X

Le tecniche secondarie mirano a ridurre gli NO_X già formatisi in caldaia. Possono essere utilizzate indipendentemente o in associazione con le tecniche primarie quali bruciatori basso NO_X etc.
Gran parte delle tecniche secondarie si basano sull'iniezione di ammoniaca, urea o altri composti che reagiscono con gli NO_X portando alla formazione di azoto molecolare.
Le tecniche secondarie si dividono in:

- riduzione catalitica selettiva (SCR)
- riduzione catalitica non selettiva (SNCR)

Riduzione catalitica selettiva (SCR)
La riduzione catalitica selettiva (SCR) è un processo largamente applicato per ridurre le emissioni per l'abbattimento degli NO_X nei fumi prodotti dai grandi impianti di combustione in Europa ed in altri paesi in tutto il mondo, inclusi Giappone e Stati Uniti.
Il processo di riduzione catalitica selettiva che si basa sulla riduzione selettiva degli ossidi di azoto (NO_X) mediante ammoniaca o urea in presenza di un catalizzatore; il reagente è iniettato a monte del catalizzatore. La riduzione degli NO_X ha luogo sulla superficie del catalizzatore a temperature che generalmente sono comprese tra 320 e 420 °C per mezzo di una delle seguenti reazioni:

- Con ammoniaca come agente riducente:

$$4\,NO + 4\,NH_3 + O_2 \rightarrow 4\,N_2 + 6\,H_2O$$
$$6\,NO_2 + 8\,NH_3 \rightarrow 7\,N_2 + 12\,H_2O$$

Quando è utilizzata l'ammoniaca come agente riducente, questa è stoccata in soluzione acquosa o allo stato liquefatto ad una pressione di circa 10^6 Pa a 20 °C. A livello mondiale il numero di impianti che utilizzano ammoniaca liquida è superiore al numero di quelli che utilizzano altri agenti riducenti poiché il costo dell'ammoniaca liquida è più basso e consente minori costi di esercizio. Tuttavia la sua movimentazione è più problematica rispetto alla soluzione acquosa di ammoniaca, che è relativamente inerte ed è utilizzata da solo il 5% delle unità, soprattutto quelle con particolari problemi di sicurezza (ad es. prossimità di centri abitati).
L'ammoniaca liquefatta per poter essere utilizzata deve essere evaporata per ottenere ammoniaca gassosa; questo si ottiene riscaldandola in un evaporatore tramite vapore, acqua calda o energia elettrica. L'ammoniaca è poi miscelata con aria calda e iniettata nei fumi tramite un sistema di ugelli per ottenere una miscelazione omogenea dell'ammoniaca con i fumi. Per migliorare ulteriormente la miscelazione nei condotti fumi può essere installato un miscelatore statico. Ottenere un rapporto

ammoniaca/ NO_X ottimale nei fumi è importante per avere una alta efficienza di abbattimento degli NO_X e per minimizzare la fuga di ammoniaca (ammonia slip).
L'urea per essere utilizzata viene prima disciolta in acqua e poi inviata ad un idrolizzatore per produrre ammoniaca gassosa, che viene utilizzata come sopra descritto.
Fissato il valore massimo di ammonia slip, l'efficienza di abbattimento dipende dal catalizzatore usato: ad alti rapporti ammoniaca/NO_X si ottiene un'alta efficienza di abbattimento degli NO_X ma contemporaneamente aumenta notevolmente la quantità di ammoniaca che non reagisce (ammonia slip) nei fumi in uscita dal SCR. L'ammonia slip deve essere deve essere ridotto al minimo, per evitare che l'ammoniaca reagisca con la SO_3 contenuta nei fumi durante il raffreddamento di questi ultimi, con conseguente intasamento e corrosione del riscaldatore aria dovuta alla formazione di bisolfato di ammonio.
I catalizzatori utilizzati possono avere forme geometriche differenti come quella a nido d'ape o a piastre (vedi Figura 24).

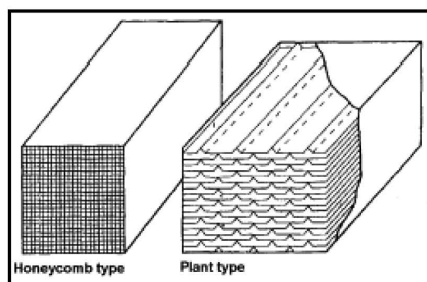



Figura 24 Tipi di catalizzatori

Come catalizzatori per impianti SCR sono utilizzati quattro materiali.

- Ossidi di metalli pesanti, che consistono di TiO_2 come materiale base insieme ai componenti attivi (quelli che determinano l'attività catalitica) vanadio, tungsteno, molibdeno, rame e cromo. In molti sono utilizzati il V_2O_5 con piccole quantità di WO_3 per allargare la finestra di temperatura a cui può avvenire la reazione e piccole quantità di SiO_2 per stabilizzare la struttura. Questo tipo di catalizzatore funziona in un intervallo di temperatura di 300 – 450 °C.
- Zeoliti, che sono materiali cristallini, allumino silicati altamente porosi naturali o sintetici e che sono utilizzati tra 350 °C e 600 °C.
- Ossidi di ferro, sotto forma di particelle di ossidi di ferro con un sottile strato superficiale di fosfato di ferro.
- Carbone attivo, che consiste di carbone polverizzato miscelato con inerti e sinterizzato sotto forma di "pellets". Poiché il carbone attivo non è stabile alle alte temperature la temperatura di funzionamento è di 100 – 220 °C e pertanto può essere utilizzato solo per SCR in configurazione "tail –end".

I catalizzatori sono prodotti con diversi diametri dei canali; la scelta del diametro è effettuata sulla base della concentrazione e delle caratteristiche delle polveri nei fumi e della perdita di carico ammessa del reattore SCR.
Il volume di catalizzatore dipende dalle caratteristiche dello stesso (ad es. dalla sua attività), e dalle condizioni operative (efficienza di abbattimento richiesta, composizione e temperatura dei fumi, presenza di veleni per il catalizzatore).
I singoli elementi di catalizzatore sono assemblati insieme in un modulo di catalizzatore, che insieme ad altri forma lo strato di catalizzatore del reattore SCR (vedi Figura 25).

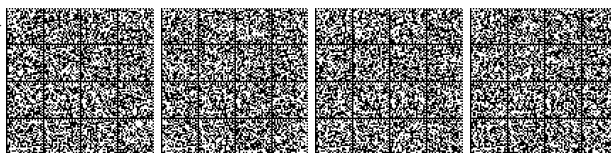
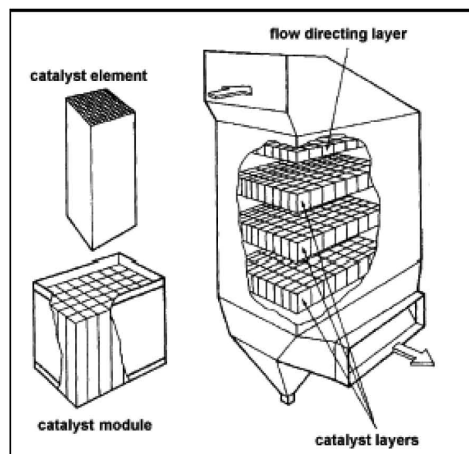



Figura 25 Configurazione di un catalizzatore

Le stime attuali di vita dei catalizzatori vanno da 6 – 10 anni per le unità a carbone a 8 – 12 anni per le unità ad olio e gas.
La velocità di sostituzione del catalizzatore dipende da fattori specifici del sito come tipo dell'impianto, caratteristiche del combustibile, potenza, tipo di esercizio, concentrazione di NO_X in ingresso, abbattimento di NO_X, rapporto ammoniaca/NO_X, ammonia slip ammissibile.
Esiste la possibilità di rigenerare i catalizzatori per allungarne la vita.
Ci sono tre possibilità di inserire il reattore SCR nella linea di depurazione dei gas; le condizioni di esercizio, come la temperatura dei fumi, devono essere adatte al catalizzatore utilizzato.
Le tre configurazioni sono high-dust, low-dust e tail-end (tail-gas) – vedi Figura 26.

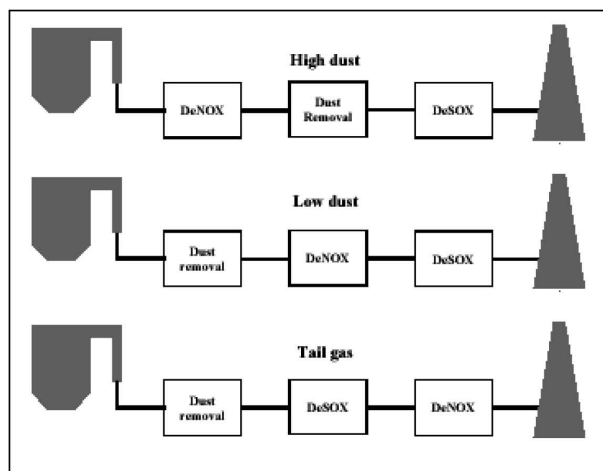
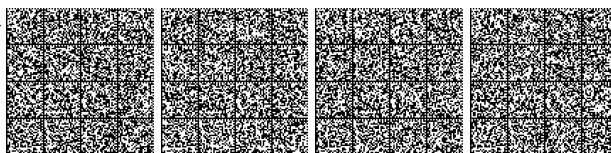



Figura 26 Le tre configurazioni delle tecnologie di abbattimento

La configurazione **high-dust** (vedi Figura 27) è la più comune; in Italia è quella adottata da tutti gli impianti SCR installati su unità termoelettriche tranne uno (l'unità 3 da 240 MWe della Centrale ENEL del Sulcis che adotta la configurazione tail-end). Grazie alla elevata temperatura dei fumi in uscita dalla caldaia (320 – 350 °C) non è necessario riscaldare i fumi in ingresso al reattore SCR. Gli inconvenienti sono dovuti al fatto che il catalizzatore può subire fenomeni di abrasione da parte delle ceneri presenti nei fumi e di avvelenamento, che possono portare alla perdita di attività dello stesso, con conseguente minor efficienza di abbattimento degli NOx. Nel caso di installazione di reattori SCR su unità già esistenti deve essere trovato lo spazio nei pressi della caldaia.

La configurazione **low-dust** evita almeno in parte i problemi della configurazione high-dust, in quanto le polveri sono abbattute dall'elettrofiltro posto a monte. Il maggior vantaggio è la minor sollecitazione meccanica del catalizzatore, che allunga la vita di quest'ultimo. Comunque, poiché il processo opera senza riscaldamento supplementare dei fumi, è necessaria l'installazione di un elettrofiltro ad alta temperatura. Questa configurazione può rivelarsi difficilmente applicabile nel caso di retrofit di unità esistenti. Inoltre il catalizzatore è più soggetto alla deposizione di bisolfato d'ammonio.

La configurazione **tail-end** è adatta per unità esistenti e presenta minori inconvenienti legati a problemi di erosione e di perdita di attività del catalizzatore. Il volume di catalizzatore è inferiore rispetto alla configurazione high-dust in quanto può essere utilizzato un catalizzatore con un passo più piccolo. I fumi devono però essere riscaldati da appositi bruciatori a gas prima dell'ingresso fino alla temperatura che consente al catalizzatore di funzionare.

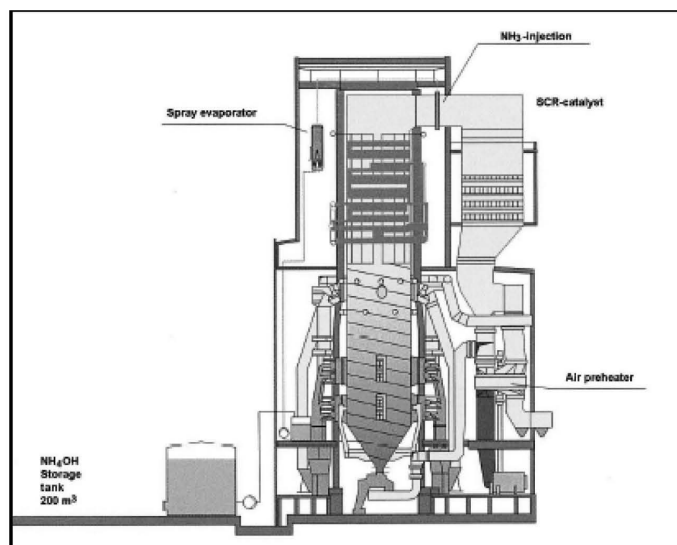



Figura 27 Esempio di catalizzatore SCR hight-dust

Un possibile svantaggio della tecnologia SCR è l'ammonia slip, dovuto alla reazione incompleta dell'ammoniaca con gli NO_X che porta al rilascio di piccole quantità di ammoniaca nei fumi a valle del reattore. L'ammonia slip aumenta con il rapporto ammoniaca/ NO_X e con il decrescere dell'attività del catalizzatore e può portare a:

- formazione di solfato di ammonio, che può depositarsi sui componenti a valle, come i riscaldatori dell'aria;
- presenza di ammoniaca nelle acque reflue dei sistemi di desolforazione del tipo Wet FGD e nelle acque di lavaggio dei riscaldatori dell'aria;
- aumento del contenuto di ammoniaca nelle ceneri leggere.

I principali vantaggi della tecnologia SCR sono:

- il processo SCR può essere utilizzato per tutti i tipi di combustibile (olio combustibile, carbone, lignite, petcoke, gas naturale, gas di processo etc)
- la reazione di denitrificazione non porta alla formazione di nessun composto che non sia l'azoto molecolare;
- l'efficienza di abbattimento degli NO_X può arrivare al 90% e oltre;

In Italia impianti SCR sono adottati da unità sia a carbone che ad olio/gas di taglia da 240 MWe fino a 660 MWe, mentre è prevista l'installazione su gruppi da 660 MWe sia a carbone che ad orimulsion di futura realizzazione; non è invece utilizzata dalle unità ad olio/gas che riescono a rispettare i limiti alle

emissioni di NO_X tramite l'utilizzo di misure primarie per la riduzione delle emissioni di NO_X (reburning, BOOS etc).
I costi di investimento per gli impianti SCR sono notevoli (vedi Figura 28); i costi per tonnellata di NO_X abbattuto variano con il tipo di caldaia. I costi del reagente sono inferiori a quelli degli impianti SNCR.

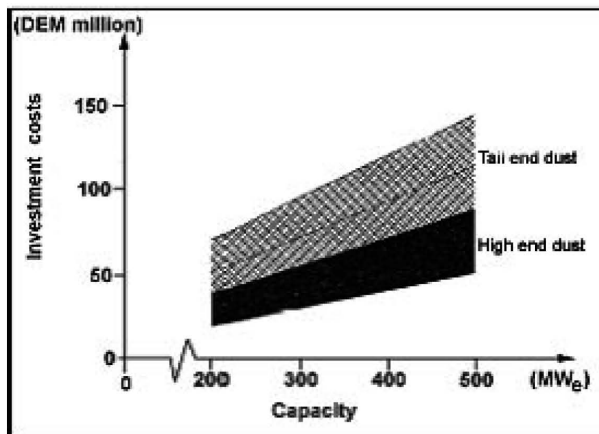
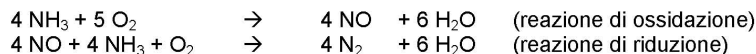



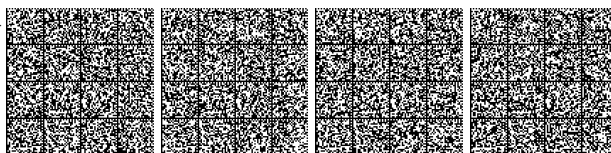
Figura 28*:* Costi di investimento per un SCR per grandi impianti di combustione

Nel caso di un retrofit con abbattimento degli NO_X tra il 60% ed il 90% il costo di investimento varia tra 50 Euro/kW e 100 Euro/kW, con gli impianti di grande taglia che si collocano all'estremo inferiore e quelli di piccola taglia all'estremo superiore.
I principali fattori che contribuiscono al costo del retrofit di una unità a carbone con una emissione prevista di 185 mg/Nm^3 di NO_X sono la taglia dell'unità stessa, la concentrazione di NOx in ingresso al reattore SCR e la difficoltà del retrofit.
Un aumento della concentrazione di NO_X in ingresso al reattore da 615 mg/Nm^3 a 1230 mg/Nm^3 aumenta il costo di investimento di circa il 50%.
Il costo di investimento si riduce del 30% se la taglia dell'unità scende da 1000 MWe a 200 MWe.
Esigenze di retrofit (installazione di SCR su unità già esistenti) che comportino interventi per migliorare le prestazioni dei ventilatori, interventi sui condotti, sulle opere civili e sulle strutture metalliche possono avere un impatto sui costi dal 20% al 35%.
I costi di esercizio per il reagente sono di circa 75 Euro/tonnellata per l'ammoniaca anidra e 250 Euro/tonnellata per la soluzione acquosa di urea al 40%.
I costi totali (costi di investimento e di esercizio) per tonnellata di NO_X rimosso in una unità da 800 MWe variano da 1500 Euro a 2500 Euro.
I costi di esercizio dipendono dal tipo di SCR ; nella configurazione tail-end può essere che i fumi debbano essere riscaldati prima del camino, con un consumo di energia che può arrivare al 2% della potenza prodotta dall'unità. In applicazioni che non richiedono riscaldamento il costo di esercizio è dovuto essenzialmente al consumo di reagente.

Riduzione catalitica non selettiva (SNCR)
Il processo di riduzione catalitica non selettiva (SNCR) è un'altra tecnica secondaria per ridurre gli ossidi di azoto che si sono già formati nei fumi di combustione e prevede l'iniezione di un reagente in caldaia; opera senza catalizzatore a temperature comprese tra 850 °C e 1100 °C. La finestra di temperatura dipende dal tipo di reagente utilizzato (ammoniaca o urea).
Se si utilizza ammoniaca come reagente le seguenti reazioni chimiche hanno luogo circa contemporaneamente:

$$4\,NH_3 + 5\,O_2 \rightarrow 4\,NO + 6\,H_2O$$ (reazione di ossidazione)

$$4\,NO + 4\,NH_3 + O_2 \rightarrow 4\,N_2 + 6\,H_2O$$ (reazione di riduzione)

Un sistema SNCR è costituito da:

- Unità di stoccaggio del reagente, che comprende lo stoccaggio, il raffreddamento e l'evaporazione;

- la vera e propria unità SNCR, dove hanno luogo l'iniezione del reagente e le reazioni di riduzione degli ossidi di azoto ad acqua e azoto molecolare.

La finestra di temperatura è molto importante, poiché al di sopra di questa l'ammoniaca si ossida e produce NO_X, al di sotto la velocità di reazione è troppo bassa e c'è rilascio di ammoniaca.
Al variare del carico dell'unità la finestra di temperatura all'interno della caldaia è soggetta a fluttuazioni, di conseguenza per consentire l'iniezione di reagente all'interno del range di temperatura richiesto è necessario disporre di più di un livello di iniezione (vedi Figura 29).

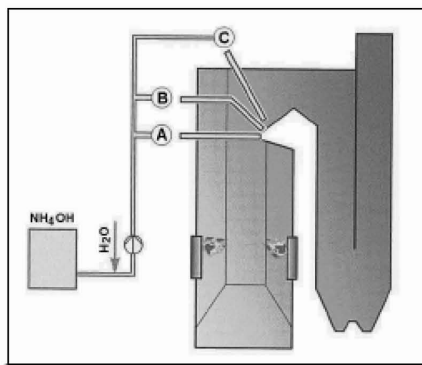
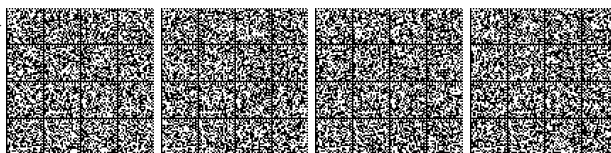



Figura 29*:* Il processo SNCR

Per ottenere una buona efficienza di abbattimento e un basso ammonia slip, il reagente e gli NO_X presenti nei fumi devono miscelarsi adeguatamente. Oltre alla distribuzione ed alla miscelazione un altro parametro importante è la dimensione delle gocce di additivo; gocce piccole evaporano troppo in fretta e reagiscono a temperatura troppo elevata riducendo l'efficienza di abbattimento, mentre gocce grosse evaporano troppo lentamente e reagiscono a temperatura troppo bassa con conseguente aumento dell'ammonia slip.
I possibili fluidi per il trasporto del reagente sono l'aria compressa, il vapore o l'acqua.
La scelta del reagente influenza anche la formazione del protossido di azoto (N_2O). L'utilizzo di ammoniaca porta ad una formazione trascurabile di questo composto, che invece è rilevante quando l'urea è iniettata direttamente in caldaia. Per ridurre questo problema l'urea può essere iniettata direttamente nell'aria di completamento della combustione.
L'utilizzo di urea come reagente può dare più problemi di corrosione rispetto all'ammoniaca e pertanto richiede una più accurata scelta dei materiali.
Buona parte dei problemi del processo SNCR derivano da una distribuzione non uniforme del reagente all'interno della caldaia e pertanto si adottano appositi sistemi di distribuzione per ottenere una buona distribuzione.
La reazione tra NO_X e ammoniaca o urea dipende fortemente dalla temperatura e dal tempo di permanenza all'interno del richiesto range di temperatura e dal rapporto molare ammoniaca/ NO_X.
Come già detto la finestra di temperatura per l'ammoniaca è tra 850 °C e 1000 °C, con la temperatura ottimale di 870 °C. Per l'urea la finestra di temperatura e tra 800 °C e 1100 °C con una temperatura ottimale di 1000 °C.
Il tempo di permanenza all'interno della finestra di temperatura varia da 0,2 a 0,5 secondi.
Il rapporto molare tra ammoniaca e NO_X deve essere maggiore di quello stechiometrico; si è constatato che il rapporto ottimale sta tra 1,5 e 2,5. L'aumento di tale rapporto molare aumenta l'efficienza di abbattimento degli NO_X ma fa crescere anche l'ammonia slip con il conseguente sporcamento dei componenti a valle (riscaldatori d'aria, condotti fumi etc).
Le apparecchiature del processo SNCR sono abbastanza facili da installare e non richiedono molto spazio, anche nei casi in cui è richiesto più di un livello di iniezione.
Il processo SNCR ha una efficienza di abbattimento modesta, pertanto può essere usato da solo in caldaie con un livello di emissioni di NO_X relativamente basso. Può essere utilizzato anche in caldaie già dotate di un sistema primario di riduzione degli NO_X (ad es. bruciatori a basso NO_X); non è indicato per caldaie che effettuano frequenti variazioni di carico o che variano spesso il tipo di combustibile.
Il primo impianto SNCR industriale è stato realizzato nel 1974 in Giappone; attualmente numerosi impianti SNCR sono installati in Europa, Asia, Stati Uniti su unità termoelettriche a carbone (di cui due

da 600 MWe negli Stati Uniti) e ad olio combustibile, su caldaie industriali e su inceneritori di rifiuti. Il processo è tuttavia decisamente meno diffuso, almeno nel settore termoelettrico, del processo catalitico SCR.
In Italia non ci sono impianti SNCR installati su unità termoelettriche, ma solo su inceneritori di rifiuti.
Per una caldaia a carbone che funziona 4000 ore/anno il costo per tonnellata di NO_X rimosso è di circa 2500 Euro.
Una sintesi delle prestazioni conseguite dalle misure secondarie è riportata nella Tabella 51.

Aspetti dello stoccaggio di ammoniaca relativi alla sicurezza

Entrambe le tecniche SCR e SNCR utilizzano ammoniaca o urea come reagente; l'urea è più comunemente utilizzata in impianti di combustione al di sotto dei 50 MW termici che non in applicazioni SCR o SNCR di grande taglia.
Gli stoccaggi di urea solida non danno luogo a rischi per la salute umana.
L'ammoniaca è un gas combustibile che può essere stoccato sotto forma di soluzione acquosa o allo stato liquido (ammoniaca anidra) alla pressione di circa 10 bar a 20 °C. A causa dei rischi per la salute umana, il trasporto la movimentazione e lo stoccaggio devono essere effettuati con grande cautela per evitare perdite. Nelle aree in cui si effettua lo stoccaggio e la movimentazione dell'ammoniaca sono normalmente installati sistemi di monitoraggio per rilevare l'ammoniaca anche a basse concentrazioni.
Il rischio di stress corrosion dei serbatoi in acciaio richiede il monitoraggio della integrità degli stessi ed il controllo delle tracce di idrogeno ed ossigeno nell'ammoniaca anidra.
Per quanto riguarda l'Italia, i sistemi SCR installati su grandi unità termoelettriche utilizzano esclusivamente ammoniaca in soluzione acquosa.
Alcuni impianti SCR su unità di grande taglia dell'ENEL che entreranno in funzione in futuro adotteranno urea in granuli che sarà disciolta in acqua e idrolizzata; l'ammoniaca così prodotta sarà utilizzata dall'impianto SCR.
L'ammoniaca in pressione (anidra) è soggetta alla direttiva Seveso II 96/82/EC ed ai regolamenti nazionali.

Misura primaria		**Efficienza di abbattimento NOx**	**Applicabilità**	**Limiti all'applicazione**	**Note**
Basso eccesso d'aria		10 – 44%	Tutti i combustibili	Combustione incompleta.	L'abbattimento degli NO_X dipende fortemente dai livelli di emissione dell'impianto senza misure di riduzione primaria.
Air staging in caldaia	Burner Out of Sevice (BOOS)	10 – 65% Possono essere raggiunti abbattimenti su caldaie tangenziali del 40% per carbone, 45% per l'olio combustibile e 65% per il gas.	In generale è applicabile solo sulle unità ad olio e a gas sottoposte a retrofit.	Rischio di combustione incompleta (quindi elevati livelli di CO e di incombusti nelle ceneri)	Possono esserci problemi per mantenere l'input termico alla caldaia, in quanto lo stessa potenza termica deve essere fornita con un numero minore di bruciatori..
	Aria di post-combustione (Over Fire Air - OFA)		Tutti i combustibili.		- Il retrofit di caldaie esistenti comporta modifiche alle parti in pressione per inserire le "ports" dell'aria secondaria. - Le caldaie a bruciatori frontali possono ottenere abbattimenti dal 10% al 40% utilizzando l'OFA (NO_X ports).
Ricircolo gas		20 – 50% <20% per caldaie a carbone e da 30% a 50% per caldaie a gas in combinazione con l'OFA.	Tutti i combustibili	Instabilità di fiamma.	- L'applicazione del ricircolo gas nel retrofit di caldaie esistenti presenta alcune difficoltà, prevalentemente dovute alle perdite di rendimento della caldaia e dei bruciatori (a meno che il quantitativo di gas ricircolato sia modesto). - Questa misura primaria può essere usata per il retrofit insieme con lo staging dell'aria. - Il ricircolo gas porta ad un consumo di energia addizionale a causa del ventilatore di ricircolo.

- **Note:** quando vengono utilizzate insieme diverse misure primarie per ridurre le emissioni di NO_X l'efficienza di abbattimento non può essere sommata o moltiplicata. L'efficienza globale di abbattimento dipende da parametri sito specifici e deve essere valutata impianto per impianto.
- Non tutte le misure primarie per la riduzione delle emissioni possono essere applicate a qualsiasi caldaia esistente, in quanto l'applicabilità dipende dal combustibile e dal sistema di combustione.
- I nuovi impianti sono già dotati di misure primarie per la riduzione degli NO_X che sono previsti già in fase di progetto.

Tabella 47 - Prestazioni delle misure primarie per ridurre le emissioni di Nox

Misura primaria		Efficienza di abbattimento NOx	Applicabilità	Limiti all'applicazione	Note
Reburning		50 – 60%	Tutti i combustibili		- Il reburning offre alcuni vantaggi, come la compatibilità con altre misure primarie, la semplicità di installazione, l'utilizzo di un combustibile normale come combustibile di reburning e un modesto consumo di energia. - Anche la combustione a valle della zona primaria produce NOx. - Quando si utilizza gas naturale come combustibile di reburning, le emissioni di particolato, SO2 e CO2 si riducono.
Bruciatori a basso NOx	Air staged	25 – 50%	Tutti i combustibili	- Instabilità di fiamma - Produzione di incombusti	- I bruciatori a basso NOx possono essere utilizzati in combinazione con altre misure primarie come l'OFA, il reburning ed il ricircolo gas. - I bruciatori a basso NOx con l'OFA possono ottenere valori di riduzione del 35 – 70%. - Il diametro della fiamma dei bruciatori a basso NOx è maggiore del 30 – 50% rispetto a quello della fiamma dei bruciatori convenzionali.
	Fuel staged	50 – 60%	Tutti i combustibili	- Instabilità di fiamma - Produzione di incombusti.	

- **Note:** quando vengono utilizzate insieme diverse misure primarie per ridurre le emissioni di NOx l'efficienza di abbattimento non può essere sommata o moltiplicata. L'efficienza globale di abbattimento dipende da parametri sito specifici e deve essere valutata impianto per impianto.
- Non tutte le misure primarie per la riduzione delle emissioni possono essere applicate a qualsiasi caldaia esistente, in quanto l'applicabilità dipende dal combustibile e dal sistema di combustione.
- I nuovi impianti sono già dotati di misure primarie per la riduzione degli NOx che sono previsti già in fase di progetto.

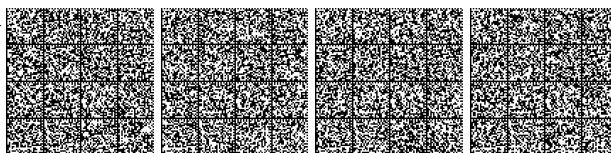
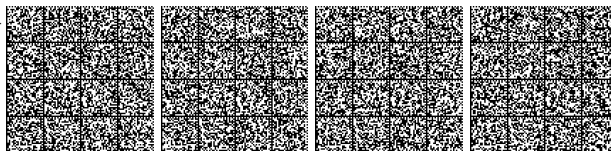
Tabella 48 - Prestazioni delle misure primarie per ridurre le emissioni di NOx

Tecnica	**Efficienza abbattimento NOx**	*Altri parametri*		*Note*
		Parametri	Valore	
Riduzione catalitica selettiva (SCR)	80 – 95%	Temperatura di funzionamento	320 – 420 °C (high-dust) 260 – 320 °C (tail-end)	- L'ammonia slip aumenta all'aumentare del rapporto NH_3/NO_X, il che può causare problemi come un lato contenuto di NH_3 nelle ceneri; questo problema può essere risolto utilizzando un maggior volume di catalizzatore o migliorando la miscelazione di NH_3 e NO_X nei fumi. - La reazione incompleta tra NH_3 e NO_X può portare alla formazione di solfati di ammonio, che si depositano sui componenti a valle come il catalizzatore e il riscaldatore d'aria, aumentano la concentrazione di NH_3 nelle acque reflue del desolforatore, nelle acque di lavaggio del riscaldatore d'aria ed aumenta la concentrazione di NH_3 nelle ceneri. - La vita del catalizzatore è di almeno 4 – 5 anni per le unità a carbone, 7 – 10 anni per le unità ad olio combustibile e più di 10 anni per quelle a gas.
		Agente riducente	Ammoniaca, urea	
		Rapporto NH_3/NO_X	0,8 – 1,0	
		Ammonia slip	< 20 mg/Nm^3	
		Affidabilità	>98%	
		Conversione SO_2/SO_3	1,0 – 1,5%	
		Consumo di energia come % della potenza installata	0,5% (high dust) 2% (tail end)	
		Perdita di carico sul catalizzatore	4 – 10 (10^2 Pa)	
Riduzione catalitica non selettiva (SNCR)	30 – 50% (80%)	Temperatura di funzionamento	850 – 1050 °C)	- Anche se alcuni costruttori riportano che l'efficienza di abbattimento degli NO_X può superare 80%, normalmente i processi SNCR sono in grado di raggiungere 30 – 50% (media che copre differenti condizioni di esercizio). Ulteriori riduzioni di NO_X possono essere ottenute su specifiche caldaie con condizioni operative particolarmente favorevoli; riduzioni inferiori si possono avere se le condizioni sono sfavorevoli. - Il processo SNCR non può essere utilizzato sulle turbine a gas a causa delle temperature e del tempo di permanenza non idonei.
		Agente riducente	Ammoniaca, urea	
		Rapporto NH_3/NO_X	1,5 – 2,5	
		Affidabilità	>97%	
		Consumo di energia come % della potenza installata	0,1 – 0,3%	
		Tempo di permanenza all'interno del range di temperatura	0,2 – 0,5 sec.	

Tabella 49 - Prestazioni delle misure secondarie per ridurre le emissioni di NO_X

6.3 Tecniche per la riduzione delle polveri

6.3.1 Premessa

In prima approssimazione la parte di materiale inorganico presente nei combustibili fossili si trasforma in ceneri e nel corso del processo di combustione all'interno della caldaia e viene veicolato verso l'esterno attraverso i fumi della combustione.
La quantità e la tipologia delle polveri così prodotte dipende sia dalle caratteristiche del combustibile sia dal tipo di combustione.
Le prestazioni degli impianti di abbattimento delle polveri sono a loro volta influenzati dalle caratteristiche chimico – fisiche delle polveri, quali ad esempio dalla resistività o dalle caratteristiche di adesività delle particelle.
Le tecniche di abbattimento più comunemente impiegate sono i precipitatori elettrostatici (PE), noti anche come elettrofiltri, i filtri a manica (FF, dall'inglese fabric filters), gli abbattitori ad umido (wet scrubbers), questi ultimi hanno avuto particolare diffusione negli Stati Uniti.
Occorre menzionare che per impianti di modeste potenzialità possono essere anche impiegati sistemi di tipo meccanico quali i cicloni.

6.3.2 Precipitatori elettrostatici

I PE sono utilizzati in maniera diffusa nei GIC e sono in grado di fornire buone prestazioni su ampi range di funzionamento, in termini di temperature, pressioni, caratteristiche del particolato.
Un PE è costituito da un contenitore all'interno del quale sono sospesi fasci di piastre che costituiscono le aree di passaggio dei fumi; tali piastre sono collegate elettricamente a terra. All'interno di tali passaggi, posti frontalmente alle piastre, sono sospesi degli elettrodi filiformi che sono messi in tensione rispetto le piastre.
Il campo elettrico che si genera tra fili e piastre è sufficiente a ionizzare le molecole di gas presenti che a loro volta aderiscono alle particelle di polvere caricandole elettricamente. Una particella di polvere carica si trova così sottoposta all'azione del campo elettrico presente tra fili e piastre venendo così attratta sulla piastra dove va a deporsi.
Periodicamente le piastre vengono pulite attraverso scuotimenti provocati da sistemi meccanici opportunamente programmati su base temporale. La polvere si raccoglie nelle tramogge presenti sotto le piastre da dove viene successivamente evacuata tramite opportuni sistemi pneumatici e/o meccanici.
Da un punto di vista costruttivo i PE vengono suddivisi in "campi" che sono posti in serie e parallelo. Ciò consente una maggior flessibilità di esercizio dell'impianto.
Per riassumere il processo di abbattimento delle polveri si articola su quattro fasi successive:

- applicazione di un campo elettrico al flusso dei fumi;
- carica elettrica delle particelle di polvere;
- addensamento delle particelle sulle piastre;
- pulizia delle piastre.

Al fine di massimizzare le prestazioni, il campo elettrico viene applicato tramite sistemi di controllo che regolano la tensione tra gli elettrodi al massimo valore possibile prima del verificarsi della scarica tra elettrodi. Essendo tale tensione influenzata anche dalla concentrazione di particolato nei fumi, il suo valore potrà assumere valori diversi in relazione alla posizione geometrica nel PE. Per tale motivo il sistema di regolazione non è unico bensì risulta suddiviso in più sistemi indipendenti.
La resistività della cenere è particolarmente importante. Se essa è troppo bassa una volta che le particelle cariche tendono a depositarsi sulle piastre perdono la loro carica e tendono a ritornare nel flusso dei fumi.
Nel caso opposto – alta resistività – il particolato tende a formare uno strato isolante sulle piastre che riduce l'effetto del campo elettrico e di conseguenza la capacità di captazione del sistema.
La distribuzione granulometrica del particolato influenza la velocità di migrazione. Per particelle con diametro > 1 μm la velocità di migrazione risulta inversamente proporzionale al diametro della particella stessa, diventandone indipendente per diametri < 1 μm.
Una elevata concentrazione di particolato può causare modifiche nelle caratteristiche elettriche del sistema elettrodi / piastre; un aumento di particelle fini ed una relativamente alta velocità di migrazione può causare il generarsi di corto circuiti.

Altro parametro che può influenzare le prestazioni del PE è la distribuzione del flusso gassoso. Risulta auspicabile avere una distribuzione uniforme della velocità di flusso attraverso l'intera sezione del PE. Per ottenere le massime prestazioni da un PE il flusso gassoso è ottimizzato per essere uniforme senza possibilità di by pass di sezioni elettriche.
Una corretta progettazione delle sezioni di ingresso e l'uso di apparati per la ripartizione del flusso consentono il raggiungimento di tale obiettivo.
Il processo della battitura delle piastre, come detto indispensabile per staccare la cenere e raccoglierla nelle tramogge sottostanti, può causare una re-immissione del particolato nel flusso gassoso. Tale fenomeno può ridurre l'efficienza del PE anche in maniera significativa.
I costi di esercizio di un PE comprendono i costi per i consumi di energia elettrica, manutenzione, questi ultimi fortemente influenzati dal processo di combustione e dal tipo di combustibile, e dal sistema di evacuazione delle ceneri, ma risultano generalmente sostenibili per la riduzione delle emissioni di particolato.
I costi di investimento sono generalmente superiori rispetto altri sistemi di abbattimento, quali ad esempio i filtri a manica. Comunque i costi di esercizio sono inferiori rispetto ad altri sistemi e l'impiego di moderni sistemi di controllo possono ridurre tali spese. I costi di esercizio possono variare in un ampio range, in relazione alle differenti proprietà delle ceneri. I costi di manutenzione risultano di livelli più che ragionevoli, quando le ceneri captate presentano normali caratteristiche.
I PE possono essere utilizzati sia su unità ad olio che a carbone.

6.3.3 Filtri a manica

I filtri a manica possono essere utilizzati solo su unità a carbone.
La filtrazione mediante tessuto è un metodo grandemente diffuso nel mondo in particolare per rimuovere polvere dai fumi prodotti in impianti industriali e/o piccoli impianti di combustione.
La tendenza attuale è comunque quella di utilizzare tale tecnologia anche in impianti di dimensioni più grandi.
Un filtro a manica consiste di uno o più comparti contenenti un certo numero di maniche di tessuto disposte su più file. Il fumo passa attraverso la superficie delle maniche radialmente attraverso la manica.
Il particolato è trattenuto sulla faccia investita dal flusso gassoso mentre il gas depurato è inviato all'atmosfera (v. fig. Figura 30).
Sui gruppi termoelettrici si utilizzano due tipi di filtro a maniche:

- pulse-jet (flusso del gas dall'esterno delle maniche verso l'interno), è la tecnologia più moderna;
- reverse gas (flusso del gas dall'interno delle maniche verso l'esterno);

La cenere depositata all'esterno delle maniche dei filtri pulse-jet è rimossa mediante impulsi di aria in pressione inviati all'interno di tutte le maniche di una fila e fatta cadere nelle tramogge del filtro da cui poi è evacuata.
La cenere depositata all'interno delle maniche dei filtri reverse gas è rimossa mediante un flusso di aria a bassa pressione inviato all'esterno di tutte le maniche di un compartimento, momentaneamente messo fuori servizio

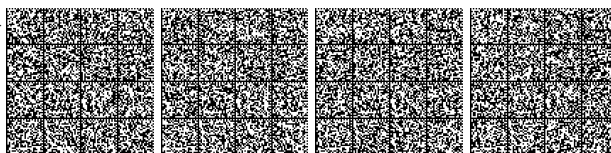
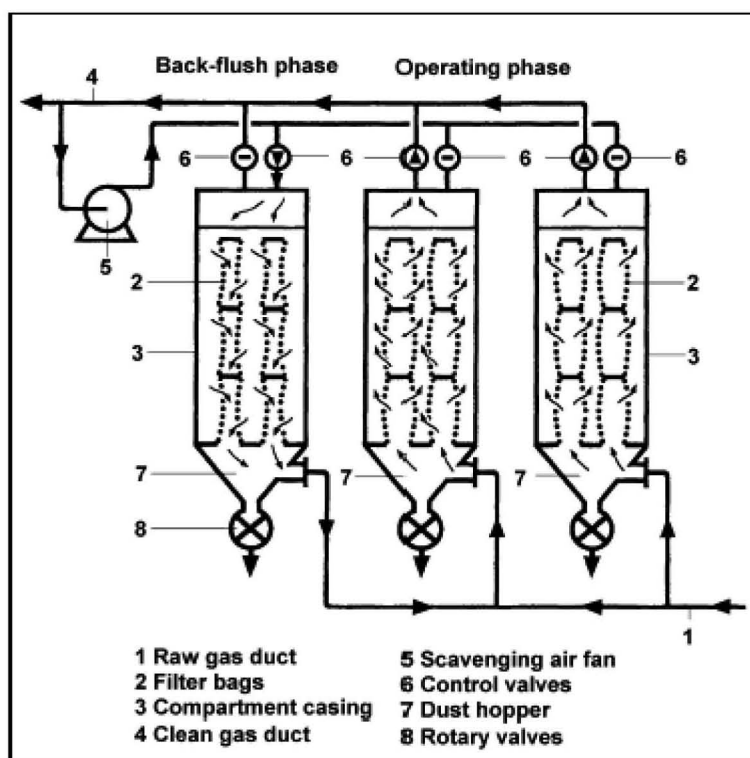



Figura 30 Filtro a manica riverse gas.

La rimozione regolare della polvere dal filtro è di fondamentale importanza per il mantenimento dell'efficienza del sistema, ma influenza anche la vita del filtro.

Qualunque sistema di pulizia si utilizzi non si riuscirà mai a ripristinare la situazione iniziale in quanto particelle si vanno a depositare nella trama del tessuto; ciò determina una riduzione delle sezioni di passaggio tra le fibre, con un conseguente aumento di efficienza, in particolare per la frazione submicronica.

Nella scelta del filtro occorre tenere in debito conto la composizione del gas, la natura e la dimensione delle particelle, i metodi di pulizia, l'efficienza richiesta e, non ultime, considerazioni di tipo economico. Occorre inoltre considerare anche la temperatura del gas da trattare, nonché il tenore di vapor d'acqua ed il punto di condensa per la presenza di eventuali condense acide.

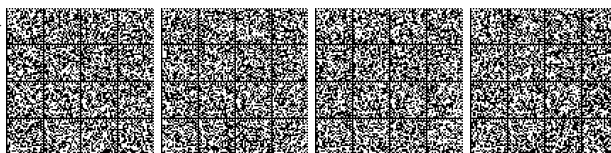
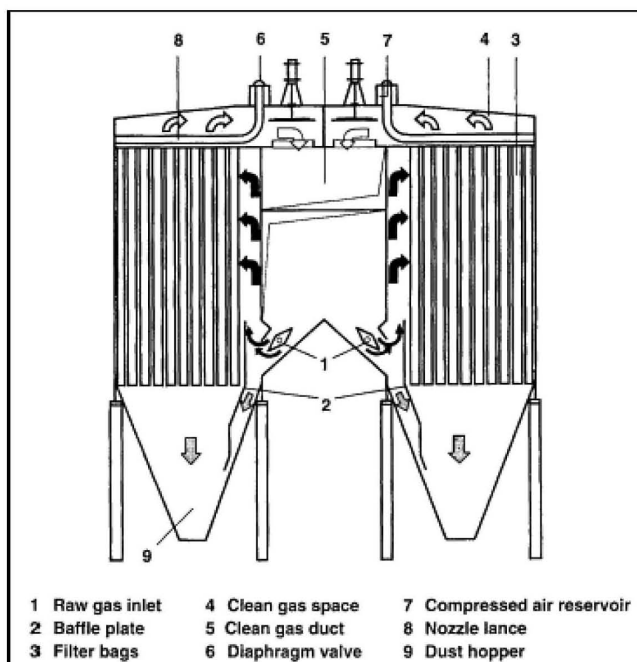



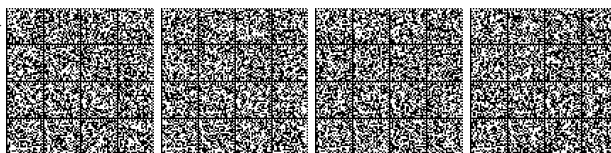
Figura 31. Filtro a maniche pulse jet

Il deterioramento conseguente all'uso del filtro si traduce in una graduale riduzione delle prestazioni. Una misura qualitativa di tali riduzioni può essere assicurata dall'uso di misuratori di pressione differenziale. Si segnala anche il rischio di danni o rotture di diverse maniche in presenza di fenomeni corrosivi generati dalle caratteristiche delle polveri ovvero possibilità di incendi.

L'impiego di materiali quali il Gore-Tex ® ed il Tefaire ® (Teflon /fibra di vetro) hanno favorito l'impiego dei filtri a manica presso gli impianti industriali e ne hanno allungato la vita; gli impianti termoelettrici utilizzano materiali come il P84 ed il Ryton (PPS). Si sono potute così ottenere buone prestazioni anche in condizioni di temperatura e/o di corrosione particolarmente severe.
I materiali migliori per applicazioni specifiche possono essere suggeriti dai costruttori sulla base dell'esperienza. Al momento sono in fase di ricerca e progettazione alcuni materiali differenti che possono migliorare ulteriormente le prestazioni fornite dai filtri.

Alcuni combustibili possono causare intasamenti del filtro, con conseguenti problemi di manutenzione. In particolare tali fenomeni di intasamento si verificano in occasione dell'uso di olio combustibile, per esempio nelle fasi di avviamento di impianti a carbone. I gas acidi presenti nei fumi e le caratteristiche chimico – fisiche delle polveri da olio possono creare danni al filtro.
Tali considerazioni sconsigliano l'uso dei filtri a manica su impianti ad olio combustibile.

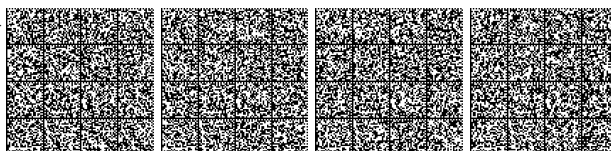
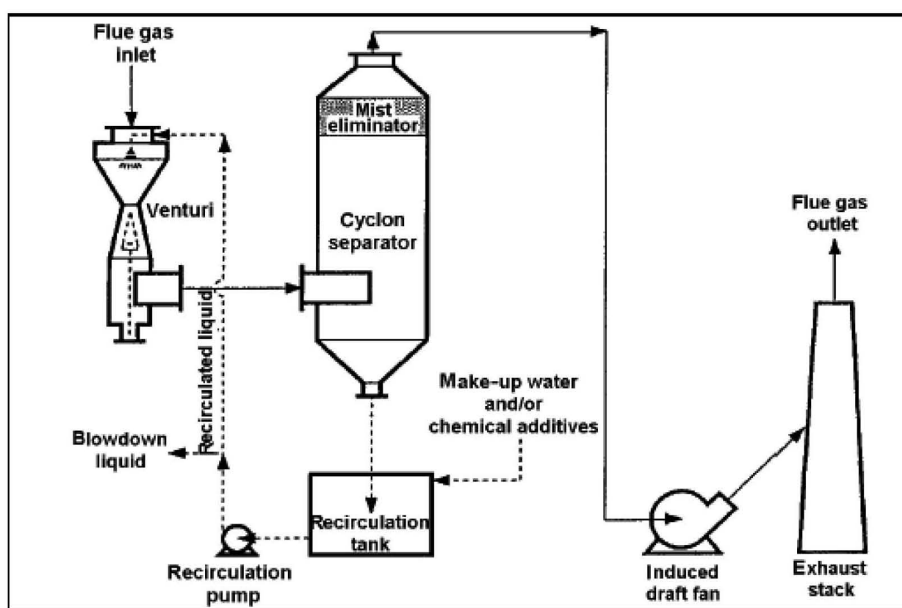
Possono formarsi rotture nelle maniche che risultano di difficile individuazione. Tali rotture provocano un decadimento delle prestazioni del sistema; se il sistema è strutturato in maniera modulare gli interventi di manutenzione possono essere condotti senza escludere completamente il filtro.

I costi di investimento risultano inferiori a quelli di un PE.
Le cadute di pressione nel condotto fumi e gli aspetti legati ai processi per la pulizia delle maniche comportano costi di esercizio superiori rispetto i PE, anche se fortemente influenzati dal tipo di filtro, dai sistemi di pulizia e dai materiali impiegati.
Tra i costi di esercizio vanno considerati anche la sostituzione del materiale filtrante che deve essere cambiato ogni 2 ÷ 5 anni. Tale spesa può essere quantificata in circa 10-15% del costo dell'investimento.

6.3.4 Precipitatori centrifughi (cicloni)

Questo tipo di sistema utilizza le forze gravitazionali e può essere applicato a tutti i tipi di polvere, in condizioni di secco.
Le sue prestazioni limitano il suo uso ad installazioni medio – piccole e spesso solo come pretrattamento prima di altri sistemi.

Un meccanismo di separazione è composto da un set di cicloni assemblati in uno o più involucri. Il flusso di gas da filtrare viene ripartito tra i diversi cicloni tramite un opportuno disegno della camera di ingresso.
La polvere si aggrega alla periferia del ciclone e viene da esso allontanata verso una tramoggia posta alla base del ciclone stesso.
In ogni ciclone l'aria purificata viene allontanata passando nella parte superiore centrale del ciclone stesso.

Il presente sistema non agisce in maniera efficace con polvere di granulometria fine. Le particelle abbattute hanno una dimensione che si posiziona la più tra i 5 ed i 10 μm.

I separatori meccanici hanno i più bassi costi di investimento di tutti gli apparati di abbattimento delle polveri. Nel caso in cui siano associati con altri sistemi devono essere conteggiati i loro costi in termini di energia necessaria alla rimozione delle polveri abbattute (sistemi pneumatici o idraulici) ed all'energia necessaria per compensare le perdite di carico da loro introdotte. I costi di manutenzione sono ridotti al minimo stante le loro caratteristiche costruttive.

6.4 Tecniche combinate per la riduzione degli ossidi di zolfo e degli ossidi di azoto

6.4.1 Processo WSA-SNOX

Questo processo utilizza due catalizzatori in sequenza per ridurre gli NO_X per mezzo di un SCR (denitrificatore catalitico) e per ossidare la SO_2 a SO_3, condensando quest'ultima sotto forma di acido solforico che può poi essere venduto.
Per lo schema del processo vedi Figura 32

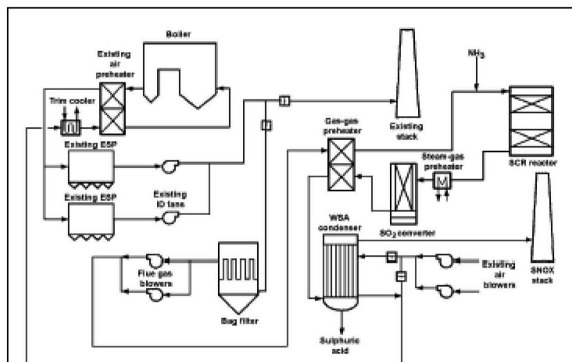
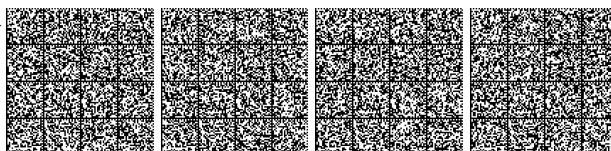



Figura 32 Schema di processo WSA-SNO_X

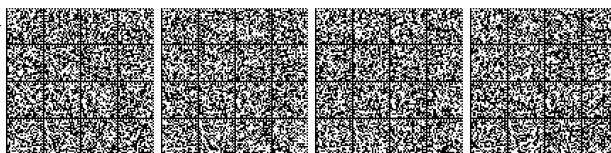
Il processo può abbattere fino al 95% degli ossidi di azoto e di zolfo presenti nei fumi; non utilizza nessun reagente tranne l'ammoniaca per il denitrificatore catalitico (a differenza di altri processi che utilizzano reagenti per abbattere la SO_2) ed inoltre non produce acque reflue.
Fino al 2001 esistevano al mondo due impianti di grande taglia (da circa 1.000.000 Nm^3/h corrispondenti a circa 300 MWe) che utilizzavano questa tecnologia: uno in Danimarca su una unità alimentata a carbone ed uno a Gela presso la raffineria Agip Petroli, che tratta i fumi di una caldaia alimentata prevalentemente a petcoke (l'impianto WSA-SNOX è entrato in servizio nel 1999).
I fumi a valle del riscaldatore aria sono trattati in un sistema per l'abbattimento del particolato (elettrofiltro o filtro a maniche) e poi inviati a uno scambiatore di calore rigenerativo gas/gas, che ne aumenta la temperatura a 370 °C all'ingresso del denitrificatore catalitico in cui avviene la reazione di abbattimento degli NO_X.
I fumi entrano poi in un convertitore catalitico che trasforma la SO_2 in SO_3 e di qui tornano allo scambiatore di calore rigenerativo gas/gas di cui sopra per essere raffreddati e inviati poi in un condensatore (WSA – Wet Sulphuric Acid condenser) in cui l'acido solforico, che si è formato per reazione tra la SO_3 e l'acqua contenuta nei fumi, condensa e viene raccolto. L'aria ambiente che raffredda il WSA si riscalda fino a 200 °C ed è utilizzata come aria di combustione in caldaia.
Il processo consente il recupero di energia termica (sotto forma di vapore prodotto dalla caldaia) dalla conversione della SO_2 in SO_3, dalla idrolisi della SO_3 e dalla condensazione dell'acido solforico; il consumo di energia è pertanto relativamente basso e diminuisce all'aumentare del contenuto di zolfo nel combustibile.
Il processo è particolarmente adatto ad unità che utilizzano combustibile ad alto tenore di zolfo, anche variabile nel tempo.
Nel caso di unità collocate all'interno di uno stabilimento chimico, l'acido solforico prodotto può essere riutilizzato all'interno dello stesso, altrimenti è necessario trovare acquirenti che diano garanzie in merito al ritiro del prodotto. In caso contrario nascerebbero grandi problemi legati allo smaltimento del prodotto determinando quindi lo spostamento del problema ambientale da un comparto, l'atmosferico, ad un altro, il suolo.

Tecnica	Efficienza abbattimento SO_2 e NO_X	Altri parametri		Note
WSA-SNOX	95% - 95%	Parametri	Valore	Emissioni di particolato molto basse (sotto 5 mg/Nm^3)
			Ammoniaca	
		Affidabilità		
		Consumo di energia come % della potenza prodotta	O,2%	

Tabella 50 Prestazioni del sistema WSA-SNOX per la riduzione si SO_2 e NO_X

7 Analisi dell'applicabilità ad impianti esistenti delle tecniche di prevenzione integrata dell'inquinamento elencate al punto precedente, anche con riferimento ai tempi di attuazione.

7.1 Applicabilità delle MTD agli impianti esistenti

Sui limiti per l'applicabilità delle MTD agli impianti esistenti si deve tener presente che potrebbe risultare molto difficile adottarne alcune visto che il cambiamento dalla tecnica già in uso potrebbe comportare effetti ambientali ed economici (es. la dismissione dell'impianto esistente o parte di esso) talmente significativi da controbilanciare negativamente i vantaggi ambientali ed economici dell'applicazione della nuova tecnica. L'applicazione di alcune MTD, di conseguenza, potrebbe risultare appropriata solo in occasione di rilevanti modifiche e di nuove installazioni; gli impianti esistenti possono inoltre avere scarse disponibilità di spazi, che impediscono la piena adozione di alcune tecniche. Una valutazione appropriata può essere fatta solo a livello locale.
Particolare importanza va annessa alle operazioni di monitoraggio.
Il monitoraggio delle operazioni e delle emissioni prodotte costituiscono una attività fondamentale per numerosi aspetti, come ad esempio per:

- assicurare il rispetto dei limiti di legge;
- controllare le operazioni delle singole unità , delle emissioni prodotte, dei risultati ottenuti e per le eventuali azioni correttive;
- verificare la conformità dell'esercizio agli standard ambientali;
- selezionare o progettare tecniche per il miglioramento delle prestazioni ambientali.

7.2 Impianti a carbone

Tecniche per ridurre le emissioni di SO_2

Tecnica	Applicabilità agli impianti esistenti	Esperienza operativa	Costi	Note
Misure primarie				
Uso di combustibile a basso contenuto di zolfo	Possibile	Elevata	Dipendono dal combustibile	
Uso di FBC	Molto limitata	Elevata	Specifici dell'impianto	
Misure secondarie				
Processo ad umido	Possibile	Elevata	Specifici dell'impianto	- a causa degli elevati costi del processo tale tecnica è la migliore per gli impianti di grande taglia - vi è una perdita di rendimento per gli elevati consumi
Processo a secco	Possibile	Elevata	Specifici dell'impianto	- utilizzati prevalentemente su unità di taglia piccola o media (sotto 700 MW termici) che bruciano combustibili con un contenuto di zolfo basso o medio, generalmente si tratta di unità soggette a retrofit o che coprono i picchi della produzione di energia. - minori costi di investimento rispetto ai desolforatori a umido (20 – 30% in meno) ma maggiori costi di esercizio a causa del costo del reagente utilizzato (calce idrata invece di calcare).
Iniezione di sorbente in caldaia	Possibile	Elevata	Non disponibili	Il processo è adatto per unità di piccola taglia che utilizzano combustibili a basso contenuto di zolfo; è relativamente semplice e richiede meno manutenzione e utilizzo di personale di altri processi.
Iniezione di sorbente nei condotti fumi	Possibile	Limitata	Non disponibili	il processo è competitivo economicamente su unità di piccola taglia e per interventi di retrofit su vecchie unità; i costi di investimento sono bassi ma i reagenti sono più costosi di quelli adottati dai processi calcare/gesso a umido,
Riduzione combinata di SO_2 e NO_X	Dipende dai singoli impianti	Molto limitata	Specifici dell'impianto	Processo molto conveniente per unità che utilizzano combustibile ad alto contenuto di zolfo

Tecniche per ridurre le emissioni di NO_X

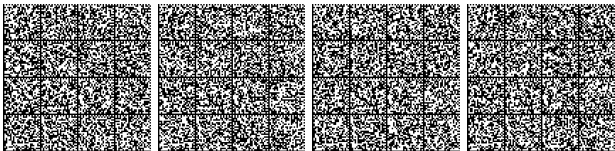
Tecnica	Applicabilità agli impianti esistenti	Esperienza operativa	Costi	Note
Misure primarie				
Eccesso d'aria ridotto	Possibile	Elevata	Specifici dell'impianto	Questa misura può conseguire riduzioni consistenti di emissioni di NO_X soprattutto su vecchi impianti termici, pertanto è utilizzata su molti grandi impianti di combustione
Air staging	Possibile	Elevata	Specifici dell'impianto	L'applicazione della tecnica in oggetto a caldaie esistenti comporta la modifica delle parti in pressione delle stesse per l'installazione degli ugelli OFA e l'installazione di condotti, serrande e di apposite casse d'aria. Questa tecnica è relativamente economica; è spesso utilizzata insieme con altre misure primarie come i bruciatori basso NO_X, pertanto non è facile stimarne il solo costo.
Ricircolo fumi	Possibile	Elevata	Specifici dell'impianto	
Reburning	Possibile	Elevata	Specifici dell'impianto	Il reburning è meno adatto per il retrofit di caldaie esistenti, che possono presentare problemi dovuti alla mancanza di spazio. Diversi combustibili possono essere utilizzati come combustibili di reburning (carbone polverizzato, olio combustibile, gas naturale etc), ma il gas naturale è quello più utilizzato per le sue caratteristiche Il costo del reburning dipende dalla struttura della caldaia e dal combustibile utilizzato
Bruciatori a basso NO_X	Possibile	Elevata	Specifici dell'impianto	In impianti nuovi l'installazione di un bruciatore a basso NO_X al posto di un bruciatore convenzionale non comporta problemi aggiuntivi; nel caso di un retrofit devono essere previste modifiche all'impianto che sono specifiche del sito e pertanto non determinabili in termini generali.
Misure secondarie				
SCR	Possibile	Elevata	Specifici dell'impianto	Tecnologia ad alta efficienza di abbattimento, ampiamente applicata su impianti a carbone e a lignite. L' installazione di SCR su unità già esistenti che comportino interventi per migliorare le prestazioni dei ventilatori, interventi sui condotti e sulle strutture possono avere un impatto sui costi dal 20% al 35%. I costi totali (costi di investimento e di esercizio) per tonnellata di NO_X rimosso in una unità da 800 MWe variano da 1500 Euro a 2500 Euro. In applicazioni che non richiedono riscaldamento il costo di esercizio è dovuto essenzialmente al consumo di reagente, che sono di circa 75 Euro/tonnellata per l'ammoniaca anidra e 250 Euro/tonnellata per la soluzione acquosa di urea al 40%.
SNCR	Possibile	Buona	Specifici dell'impianto	ha una efficienza di abbattimento modesta, pertanto può essere usato da solo in caldaie con un livello di emissioni di NO_X relativamente basso. Può essere utilizzato anche in caldaie già dotate di un sistema primario di riduzione degli e non è indicato per caldaie che effettuano frequenti variazioni di carico o che variano spesso il tipo di combustibile. Il processo è tuttavia decisamente meno diffuso, almeno nel settore termoelettrico, del processo catalitico SCR. In Italia non ci sono impianti SNCR installati su unità termoelettriche, ma solo su inceneritori di rifiuti. Per una caldaia a carbone che funziona 4000 ore/anno il costo per tonnellata di NO_X rimosso è di circa 2500 Euro.
Riduzione combinata di SO2 e NO_X	Dipende dai singoli impianti	Molto limitata	Specifici dell'impianto	Processo molto conveniente per unità che utilizzano combustibile ad alto contenuto di zolfo

Tecniche per la riduzione delle polveri

Tecnica	Applicabilità agli impianti esistenti	Esperienza operativa	Costi	Note
ESP	Possibile	Elevata	Compresi tra 13 e 60 Euro/kW, esclusi i costi di handling delle ceneri che per alcuni carboni sono elevati	- Tecnologia utilizzata da molti anni su unità a carbone di tutte le taglie
Filtri a tessuto	Possibile	Elevata	I costi di investimento sono inferiori rispetto a quelli degli ESP, ma quelli di esercizio sono superiori	-Tecnologia ormai ampiamente utilizzata su unità a carbone anche di grande taglia
Iniezione di carbone attivo	Possibile	Elevata	Specifici dell'impianto	

7.3 Impianti a biomassa

Tecniche per ridurre le emissioni di SO_2

Tecnica	Applicabilità agli impianti esistenti	Esperienza operativa	Costi	Note
Misure primarie				
Co-combustione di biomassa e torba	Possibile	Elevata	Dipendono dal combustibile	
Iniezione di calcare in caldaie a letto fluido	Possibile	Elevata	Specifici dell'impianto	Solo con alimentazione a torba
Misure secondarie				
Processo a secco	Possibile	Elevata	Specifici dell'impianto	
Iniezione di idrossido di calcio	Possibile	Elevata	Non disponibili	Possibile solo in impianti a letto fluido BFBC e CFBC

Tecniche per ridurre le emissioni di NOx

Tecnica	Applicabilità agli impianti esistenti	Esperienza operativa	Costi	Note
Misure primarie				
Eccesso d'aria ridotto	Possibile	Elevata	Specifici dell'impianto	
Air staging	Possibile	Elevata	Specifici dell'impianto	
Ricircolo fumi	Possibile	Elevata	Specifici dell'impianto	
Bruciatori a basso NO_X	Possibile	Elevata	Non disponibili	
Misure secondarie				
SCR	Possibile	Elevata	Specifici dell'impianto	
SNCR	Possibile	Buona	Specifici dell'impianto	

Tecniche per la riduzione delle polveri

Tecnica	Applicabilità agli impianti esistenti	Esperienza operativa	Costi	Note
ESP	Possibile	Elevata	Non disponibili	
Filtri a tessuto	Possibile	Elevata	I costi di investimento sono inferiori rispetto a quelli degli ESP, ma quelli di esercizio sono superiori	E' la tecnica più utilizzata per il controllo delle polveri negli impianti di combustione a biomassa e torba

7.4 Impianti ad olio combustibile

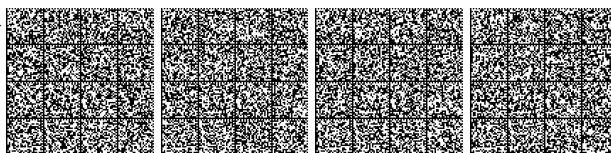
Tecniche per ridurre le emissioni di SO_2

Tecnica	Applicabilità agli impianti esistenti	Esperienza operativa	Costi	Note
Misure primarie				
Uso di combustibile a basso contenuto di zolfo	Possibile	Elevata	Dipendono dal tipo di combustibile	
Misure secondarie				
Processo ad umido	Possibile	Elevata	Specifici dell'impianto	a causa degli elevati costi del processo tale tecnica è la migliore per gli impianti di grande taglia l'impianto esistente può essere migliorato ottimizzando il percorso del flusso nell'assorbitore
Processo ad umido con acqua di mare	Possibile	Elevata	Specifici dell'impianto	il suo impiego dipende fortemente dalle situazioni specifiche a causa dell'impatto sull'ambiente marino
Processo a secco	Possibile	Elevata	Specifici dell'impianto	utilizzati prevalentemente su unità di taglia piccola o media (sotto 700 MW termici) che bruciano combustibili con un contenuto di zolfo basso o medio, generalmente si tratta di unità soggette a retrofit o che coprono i picchi della produzione di energia. minori costi di investimento rispetto ai desolforatori a umido (20 – 30% in meno) ma maggiori costi di esercizio a causa del costo del reagente utilizzato (calce idrata invece di calcare).
Iniezione di sorbente in caldaia	Possibile	Elevata	Non disponibili	Il processo è adatto per unità di piccola taglia che utilizzano combustibili a basso contenuto di zolfo; è relativamente semplice e richiede meno manutenzione e utilizzo di personale di altri processi.
Iniezione di sorbente nei condotti fumi	Possibile	Limitata	Non disponibili	il processo è competitivo economicamente su unità di piccola taglia e per interventi di retrofit su vecchie unità; i costi di investimento sono bassi ma i reagenti sono più costosi di quelli adottati dai processi calcare/gesso a umido,
Riduzione combinata di SO_2 e NO_X	Dipende dai singoli impianti	Molto limitata	Specifici dell'impianto	Processo molto conveniente per unità che utilizzano combustibile ad alto contenuto di zolfo

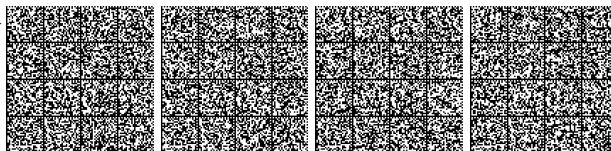
Tecniche per ridurre le emissioni di NO_X

Tecnica	Applicabilità agli impianti esistenti	Esperienza operativa	Costi	Note
Misure primarie				
Eccesso d'aria ridotto	Possibile	Elevata	Specifici dell'impianto	Questa misura può conseguire riduzioni consistenti di emissioni di NO_X soprattutto su vecchi impianti termici, pertanto è utilizzata su molti grandi impianti di combustione
Air staging	Possibile	Elevata	Specifici dell'impianto	L'applicazione della tecnica in oggetto a caldaie esistenti comporta la modifica delle parti in pressione delle stesse per l'installazione degli ugelli OFA e l'installazione di condotti, serrande e di apposite casse d'aria. Questa tecnica è relativamente economica; è spesso utilizzata insieme con altre misure primarie come i bruciatori basso NO_X, pertanto non è facile stimarne il solo costo.
Ricircolo fumi	Possibile	Elevata	Specifici dell'impianto	
Reburning	Possibile	Elevata	Specifici dell'impianto	Il reburning è meno adatto per il retrofit di caldaie esistenti, che possono presentare problemi dovuti alla mancanza di spazio. Diversi combustibili possono essere utilizzati come combustibili di reburning (carbone polverizzato, olio combustibile, gas naturale etc), ma il gas naturale è quello più utilizzato per le sue caratteristiche Il costo del reburning dipende dalla struttura della caldaia e dal combustibile utilizzato
Bruciatori a basso NO_X	Possibile	Elevata	Specifici dell'impianto	In impianti nuovi l'installazione di un bruciatore a basso NO_X al posto di un bruciatore convenzionale non comporta problemi aggiuntivi; nel caso di un retrofit devono essere previste modifiche all'impianto che sono specifiche del sito e pertanto non determinabili in termini generali.
Misure secondarie				
SCR	Possibile	Elevata	Specifici dell'impianto	L' installazione di SCR su unità già esistenti che comportino interventi per migliorare le prestazioni dei ventilatori, interventi sui condotti e sulle strutture possono avere un impatto sui costi dal 20% al 35%. I costi totali (costi di investimento e di esercizio) per tonnellata di NO_X rimosso in una unità da 800 MWe variano da 1500 Euro a 2500 Euro. In applicazioni che non richiedono riscaldamento il costo di esercizio è dovuto essenzialmente al consumo di reagente, che sono di circa 75 Euro/tonnellata per l'ammoniaca anidra e 250 Euro/tonnellata per la soluzione acquosa di urea al 40%.
SNCR	Possibile	Buona	Specifici dell'impianto	ha una efficienza di abbattimento modesta, pertanto può essere usato da solo in caldaie con un livello di emissioni di NO_X relativamente basso. Può essere utilizzato anche in caldaie già dotate di un sistema primario di riduzione degli e non è indicato per caldaie che effettuano frequenti variazioni di carico o che variano spesso il tipo di combustibile. Il processo è tuttavia decisamente meno diffuso, almeno nel settore termoelettrico, del processo catalitico SCR. In Italia non ci sono impianti SNCR installati su unità termoelettriche, ma solo su inceneritori di rifiuti.
Riduzione combinata di SO_2 e NO_X	Dipende dai singoli impianti	Molto limitata	Specifici dell'impianto	Processo molto conveniente per unità che utilizzano combustibile ad alto contenuto di zolfo

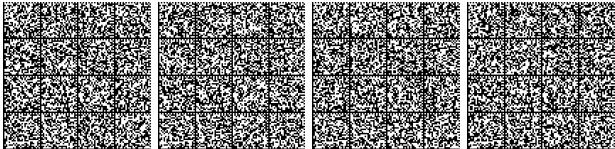
Tecniche per la riduzione delle polveri

Tecnica	Applicabilità agli impianti esistenti	Esperienza operativa	Costi	Note
ESP	Possibile	Elevata		E' la soluzione migliore soprattutto per gli impianti di grande taglia

7.5 Impianti a gas

Tecniche per ridurre le emissioni di NO_X e CO

Tecnica	Applicabilità agli impianti esistenti	Esperienza operativa	Costi	Note
Caldaie a gas				
Eccesso d'aria ridotto	Possibile	Elevata	Specifici dell'impianto	Questa misura può conseguire riduzioni consistenti di emissioni di NO_X soprattutto su vecchi impianti termici, pertanto è utilizzata su molti grandi impianti di combustione
Ricircolo fumi	Possibile	Elevata	Specifici dell'impianto	
Bruciatori a basso NO_X	Possibile	Elevata	Specifici dell'impianto	In impianti nuovi l'installazione di un bruciatore a basso NO_X al posto di un bruciatore convenzionale non comporta problemi aggiuntivi; nel caso di un retrofit devono essere previste modifiche all'impianto che sono specifiche del sito e pertanto non determinabili in termini generali.
SCR	Possibile	Elevata	Specifici dell'impianto	L' installazione di SCR su unità già esistenti che comportino interventi per migliorare le prestazioni dei ventilatori, interventi sui condotti e sulle strutture possono avere un impatto sui costi dal 20% al 35%. I costi totali (costi di investimento e di esercizio) per tonnellata di NO_X rimosso in una unità da 800 MWe variano da 1500 Euro a 2500 Euro. In applicazioni che non richiedono riscaldamento il costo di esercizio è dovuto essenzialmente al consumo di reagente, che sono di circa 75 Euro/tonnellata per l'ammoniaca anidra e 250 Euro/tonnellata per la soluzione acquosa di urea al 40%.
Turbogas				
Iniezione diretta di vapore	Possibile	Elevata	Costo annuale pari a 480 \$/t NO_X (1999)	Si considera solo per gli impianti esistenti in cui i sistemi DNL (Dry low-NO_X) non sono disponibili sul mercato. I costi di investimento e di esercizio di un sistema con steam injection comparato con una turbina a gas senza alcun sistema di abbattimento è circa 850 €/t NO_X abbattuto. I costi di investimento e di esercizio di un sistema water injection comparato con una turbina a gas senza alcun sistema di abbattimento è circa 1270 €/t NO_X abbattuto.
Iniezione diretta di acqua	Possibile	Elevata		
Camere di combustione "Dry low-NO_X"	Dipende dalla specifica turbina a gas	Elevata	Costo annuale pari a circa 120-124 \$/t NO_X (1999)	E' la tecnica più diffusa per gli impieghi industriali dei turbogas. I costi di investimento e di esercizio del sistema DLN comparato con una turbina a gas senza alcun sistema di abbattimento è circa 210 €/ t NO_X abbattuto. I tempi di realizzazione si stimano da 6- 12 mesi.
SCR	Possibile	Elevata	Specifici dell'impianto	
Ossidazione catalitica del CO	Possibile	Elevata		fonte: BREF 03/2003 "Draft Reference Document on Best Available Techinques for Large Combustion Plants"

7.6 Impianti di co-combustione

Tecniche per la riduzione delle emissioni

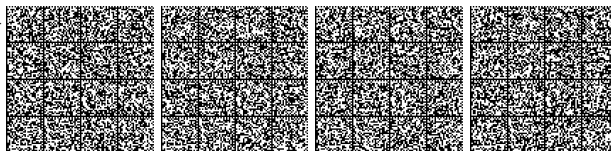
Tecnica	Applicabilità agli impianti esistenti	Esperienza operativa	Costi	Note
Polveri				
ESP e Filtri a maniche	Possibile	Elevata	Specifici dell'impianto	
SO_2				
Processi ad umido ed a secco	Possibile	Elevata	Specifici dell'impianto	
NO_X				
Misure primarie e secondarie	Possibile	Elevata	Specifici dell'impianto	
Metalli pesanti, VOC e diossine				
ESP e Filtri a maniche, processi ad umido ed a secco ed in aggiunta iniezione di carbone attivo	Possibile	Elevata	Specifici dell'impianto	

8 Fattibilità economica delle tecniche elencate analizzata attraverso analisi costi-benefici

8.1 Premessa metodologica

Nel settore della generazione di energia dai grandi impianti di combustione, la metodologia generalmente utilizzata per il confronto economico tra le varie tecnologie è quella del calcolo dei costi di generazione. In particolare l'adozione di una procedura standardizzata è un prerequisito per una corretta comparazione di diversi sistemi di generazione dell'energia. Questa procedura può essere la "levelised cost methodology" che consente il calcolo dei costi sulla base dell'energia fornita alla rete durante tutta la vita degli impianti. Tale metodologia, adottata comunemente dall'Agenzia Internazionale dell'Energia, non sostituisce l'analisi dei costi totali del sistema che stabilisce l'impatto di un impianto nell'ambito di un sistema di generazione esistente e che è rilevante dal punto di vista del produttore per valutare il costo dell'inserimento del suo progetto nel sistema.La metodologia proposta attualizza ricavi e costi rispetto ad un anno di riferimento applicando un tasso di sconto, che può variare da paese a paese ed anche da produttore a produttore. Esso può essere riferito al tasso di ritorno che può essere ottenuto da un certo investimento di riferimento; può essere determinato da un ente regolatore tenendo conto anche i rischi finanziari conseguenti ad una analisi macroeconomica nazionale; oppure può essere correlato all'analisi costi-benefici per generazioni presenti e future.

Nella metodologia sono prese in esame tutte le componenti di costo che ricadono sulla utility, cioè che potrebbero influenzare la scelta dell'opzione di generazione. Generalmente non vengono presi in esame i regimi di tassazione sul reddito e sui profitti prodotti e nemmeno le spese generali che non condizionano la scelta tecnologica. Anche i costi esterni che non vengono sostenuti direttamente dal produttore, quali ad esempio quelli derivanti dall'impatto ambientale e sanitario delle emissioni residuali, di norma non vengono presi in considerazione. D'altra parte vengono presi in esame i costi generali specifici dell'installazione, quali i premi assicurativi e le spese di R&S sostenute dal produttore, così come quelli associati alle misure ed agli standards di protezione ambientale, come ad esempio l'implementazione di tecnologie di abbattimento ed i permessi di emissione.
La data di riferimento prescelta per l'attualizzazione dei costi e dei ricavi non condiziona l'analisi comparativa fra differenti impianti. Il valore assoluto dei costi "livellizzati" tuttavia differisce in relazione all'anno di riferimento assunto nella analisi in periodi di inflazione o deflazione.
La metodologia fornisce i costi unitari di generazione dell'energia che non sono altro che i rapporti tra le spese totali nel corso dell'intero ciclo di vita dell'impianto e le produzioni totali attese, espresse in termini di valore attuale equivalente. Tali costi sono equivalenti al prezzo medio che sarebbe stato pagato dai consumatori per remunerare esattamente l'investitore/operatore per le spese di investimento, esercizio, manutenzione e combustibile, con un tasso di ritorno uguale a quello di sconto.

L'applicazione di tale metodologia consente di confrontare il merito economico di diversi impianti di generazione dell'energia. Le assunzioni di tipo tecnico ed economico alla base dei risultati sono trasparenti ed il metodo consente di effettuare anche un'analisi di sensibilità per valutare l'impatto delle variazioni dei vari parametri sul vantaggio competitivo delle opzioni tecnologiche considerate.
Per la valutazione finale del costo di generazione è necessaria la stima dei seguenti parametri:

- costo di investimento: valutato per ogni anno di vita dell'impianto, comprensivo di costruzione, ammodernamento e decommissioning;
- costo di gestione e manutenzione (O&M): valutato per ogni anno di vita dell'impianto e per unità di potenza;
- costo del combustibile: valutato dall'anno di collaudo per tutta la vita utile dell'impianto;
- produzione totale: valutata per ogni anno, tenendo conto della capacità netta installata e del fattore di carico assunto;
- fattore di carico: nell'analisi di sensibilità può essere modulato intorno ad un valore medio del 75%; di conseguenza variano anche le ore annue di funzionamento dell'impianto.

8.2 Impatto dei costi ambientali sul costo di generazione

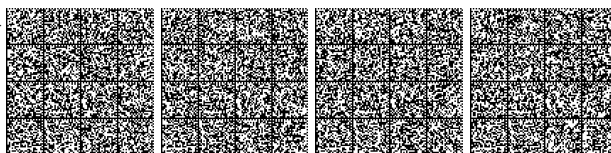
Sono molteplici gli aspetti della progettazione e della gestione dei grandi impianti di combustione condizionati dai requisiti ambientali. Gli impianti costruiti attualmente nel mondo sono soggetti ad una serie di controlli ambientali, riferiti in particolare a: emissioni gassose e liquide, stoccaggio di rifiuti solidi, scarichi termici, utilizzo del territorio. In molti casi le normative ambientali effettivamente richiedono l'impiego di certe tecnologie, a prescindere dai limiti imposti alle emissioni. Possono essere richieste le cosiddette "*best available control technology*" (BACT) oppure le "*best available technology not entailing excessive cost*" (BATNEEC), il cui costo si modifica con l'evolvere della tecnologia. Nel tempo l'impatto ambientale degli impianti ha assunto una valenza economica che deve essere considerata nelle decisioni imprenditoriali e nei business-plan. Strumenti di politica economica ambientale utilizzati in molti Paesi OCSE sono ad esempio: tasse ed accise sui combustibili, tasse sulle emissioni, creazione di un mercato per i diritti di emissione, etc. Un altro aspetto da tenere presente nell'analisi economica è rappresentato dalla valutazione delle **esternalità**, i costi ambientali connessi alla generazione di energia elettrica non sopportati direttamente dal produttore o dal consumatore, e che quindi normalmente non compaiono nel cash-flow operativo o nella valutazione dei costi di investimento individuati in sede di progetto. Il valore da assegnare alle esternalità è tuttora molto dibattuto anche in relazione alla difficoltà di assegnare ad esse valori trasparenti e ben definiti.

8.3 Impatto della liberalizzazione del mercato elettrici sul costo di generazione

Uno degli obiettivi principali delle politiche di liberalizzazione è la riduzione dei prezzi dell'energia per gli utenti finali, oltre che un ridimensionamento dell'impegno dello Stato nelle utilities. In tal senso esse incidono non solo sul livello dei prezzi ma anche sui costi strutturali: in altri termini i margini di profitto sui costi di produzione, trasmissione e distribuzione sono significativamente influenzati dalla liberalizzazione dei mercati e pertanto l'analisi economica deve tenerne debito conto. I differenti approcci alla liberalizzazione possono avere effetti diversi e fornire differenti incentivi ai produttori per cambiare il proprio comportamento, ma è evidente che l'obiettivo principale è la riduzione del costo di generazione (€/kWh). Il potenziale di riduzione varia tuttavia in relazione ai Paesi ed alle imprese coinvolte, che possono presentare diverse strutture dei costi fra loro. Le iniziative prese a livello economico variano nel breve e nel lungo termine: nel breve gli assets esistenti non si possono modificare e quindi si opera sulla riduzione dei costi di gestione, mentre nel lungo termine i nuovi investimenti e le nuove tecnologie verranno finalizzate ad una riduzione dei costi. Alcuni aspetti che l'analisi economica può indagare sono rappresentati dalla trasparenza negli obiettivi di politica industriale e nei costi allocazione dei rischi.
Un'applicazione completa di tale metodologia è stata effettuata dall'Agenzia Internazionale dell'Energia nell'ambito dello studio "Projected Costs of Generating Electricity" che ha svolto una analisi economica relativa ai principali progetti di grandi impianti di combustione (gas e carbone), di impianti a fonte rinnovabile e di impianti nucleari destinati ad entrare in esercizio nei Paesi OCSE nel 2005-2010.

8.4 Sintesi dello studio AIE "Projected Costs of Generating Electricity"

Lo studio è stato condotto da un gruppo di esperti sui dati forniti da enti governativi e compagnie elettriche appartenenti a 14 paesi OCSE (tra cui anche l'Italia) ed a 5 paesi non-OCSE. I costi di generazione dell'energia sono stati calcolati con il metodo "*levelised cost methodology*" e lo studio si basa sulle tecnologie per gli impianti destinati al carico di base e sulle tecnologie impiantistiche destinate ad essere utilizzate in questi paesi nel periodo 2005-2010 e per le quali essi hanno sviluppato stime economiche dei costi. Per quanto riguarda i grandi impianti di combustione, sono stati considerati soprattutto impianti avanzati a carbone e cicli combinati a gas.

I costi di generazione presentati nello studio includono anche i costi associati alle normative di protezione ambientale in vigore nei singoli paesi. Sono stati discussi gli impatti di tali costi sulla relativa competitività di opzioni alternative. Lo studio analizza anche l'impatto della liberalizzazione dei mercati elettrici sui costi di generazione e le questioni connesse alla sicurezza delle forniture elettriche.
L'approccio utilizzato nello studio, sebbene molto utile, presenta alcune limitazioni, in quanto i costi calcolati nello studio non rappresentano i costi "esatti" di generazione dell'energia che sarebbero

determinati per specifici progetti di produzione, in quanto i metodi di valutazione e le assunzioni variano in relazione alle condizioni nazionali ed alle pratiche in uso. Per questo motivo lo studio fornisce anche i costi calcolati utilizzando metodi di calcolo nazionali, che risultano essere più aderenti ai costi effettivi per alcuni progetti specifici.

8.4.1 Costi di investimento

Sono stati presi in considerazione:

- i costi generali di costruzione degli impianti (*overnight construction costs*)
- gli interessi durante la costruzione calcolati al 5% ed al 10% di tasso di sconto annuo
- gli imprevisti, se diversi dai costi generali
- i principali interventi di ammodernamento (ad es. rimpiazzo di una caldaia)
- lo smantellamento degli impianti (*decommissioning*) (quando applicabile)

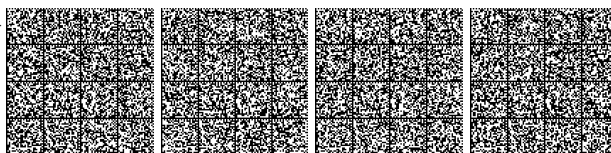
Per quanto riguarda gli impianti a carbone, in molti paesi OCSE i costi generali variano da circa 1000 $/kWe[6] a circa 1350 $/kWe. Nella fascia bassa il Canada ha dichiarato costi di 837 $/kWe per 4 gruppi da 750 MW a polverino di carbone da realizzarsi nello stesso sito. Nella fascia alta, Giappone e Portogallo riferiscono, per unità analoghe, costi superiori o pari a 2000 $/kWe. Per quanto riguarda gli impianti che saranno commercialmente disponibili nel periodo 2005-2010 (a polverino di carbone in Olanda e di gassificazione in Olanda e USA), i costi risultano essere sensibilmente maggiori di quelli disponibili al momento dello studio. Per quanto riguarda i paesi non-OCSE, i costi di realizzazione degli impianti a carbone per il carico di base vanno dai 772$/kWe della Cina ai 1258 $/kWe del Brasile. I costi per il decommissioning sono stati giudicati trascurabili da tutti i partecipanti allo studio dal momento che i costi di smantellamento, già limitati, verranno ampiamente recuperati dal valore del sito e dalla vendita di materiali ed apparecchiature recuperate dal processo.
Per quanto riguarda i costi per eventuali ammodernamenti nel corso della vita degli impianti, i principali costi non rappresentano più di qualche percento dei costi totali di investimento con un tasso di sconto del 10% annuo e meno del 18% al tasso di sconto del 5%.
Il piano di spesa per i grandi impianti a carbone varia dai 4 agli 8 anni sia nei paesi OCSE che in quelli non-OCSE.

Per quanto riguarda gli impianti a gas, si tratta in tutti i casi esaminati di impianti a ciclo combinato. Generalmente i costi di costruzione per questa tipologia di impianti risultano sensibilmente inferiori a quelli degli impianti a carbone: i costi risultano essere inferiori, con poche eccezioni, a 800 $/kWe. Come per gli impianti a carbone i costi di decommissioning risultano essere trascurabili. D'altra parte un numero consistente di paesi dichiarano costi di ammodernamento significativi per gli impianti, in corrispondenza alla sostituzione dei principali componenti dopo circa 20-25 anni, con una incidenza sui costi totali di investimento compresa tra il 2% ed il 27% con un tasso di sconto del 5%, e compresa tra l'1% ed il 13% con un tasso di sconto del 10%. Il piano di spesa per gli impianti a gas ha una durata generalmente inferiore a quello degli impianti a carbone, e varia dai due anni negli USA ai sei in Danimarca.

La variabilità dei costi tra impianti della stessa filiera tecnologica nei vari paesi dipende da vari fattori: il costo del lavoro, i costi di approvvigionamento di materiali e componenti, il quadro normativo, le infrastrutture, le caratteristiche specifiche dei siti. Anche la conversione dei costi in dollari USA comporta una causa aggiuntiva di variabilità in relazione alla variabilità dei mercati valutari.

8.4.2 Costi di esercizio e manutenzione (O&M)

Lo studio AIE non esamina in dettaglio le varie componenti dei costi O&M, in quanto i criteri di calcolo dei costi variano notevolmente da paese a paese. Per tutte le tecnologie considerate i costi O&M sono previsti rimanere costanti (a moneta costante) per tutta la durata della vita economica dell'impianto in tutti i paesi, eccetto che in Ungheria, Brasile, Cina e Russia. In particolare i costi sono destinati a crescere per gli impianti a gas in Ungheria e per tutti gli impianti in Brasile e Russia.
Nei paesi OCSE i costi O&M per gli impianti a carbone sono compresi nell'intervallo 26-75 $/kWe/anno, eccetto che in Giappone dove tali costi superano gli 80 $/kWe/anno. Nei paesi non-OCSE, i costi O&M per gli impianti a carbone sono generalmente inferiori a quelli dei paesi OCSE,

[6] US$ 1 luglio 1996

variando da 17,5 a 36 $/kWe/anno. I costi O&M per gli impianti a gas sono compresi tra 6 e 50 $/kWe/anno, eccetto che in Finlandia dove essi sono superiori a quelli degli impianti a carbone e superano i 70 $/kWe/anno.
I costi di esercizio e manutenzione di impianti della stessa filiera tecnologica nei vari paesi variano in un ampio intervallo di valori a causa di vari fattori, quali il costo del lavoro, la produttività ed il quadro normativo, che influiscono significativamente su tali costi. Anche la conversione dei costi in dollari USA comporta una causa aggiuntiva di variabilità in relazione alla variabilità dei mercati valutari.

8.4.3 Costo dei combustibili

I prezzi del carbone che sono stati forniti nello studio sono espressi in $/GJ e riflettono l'effettivo contenuto energetico del carbone, tenendo conto del potere calorifico di carboni di differente provenienza. I prezzi sono forniti sia a bocca di miniera o al confine nazionale, sia franco centrale. I prezzi nei paesi OCSE, esclusa la lignite nazionale, variano da 1 $/GJ negli USA a 2,8 $/GJ in Italia ed Olanda. Nei paesi non-OCSE i prezzi del carbone franco centrale variano tra 1,3 e 3,2 $/GJ. Nove paesi su 18 hanno fornito stime dei costi del carbone basate sull'ipotesi di prezzi costanti del carbone durante l'intera vita economica degli impianti; 8 paesi hanno assunto prezzi crescenti ed un solo paese (USA) prezzi decrescenti. Il tasso medio di crescita del prezzo del carbone è risultato pari a 0,3% su base annua.

Per quanto riguarda il prezzo del gas, nel 2005, la data assunta dallo studio per il collaudo degli impianti, si prevede una variazione tra 1,6 $/GJ negli USA e 5,35 $/GJ in Italia. Dieci paesi, sui 16 che hanno fornito i dati, hanno previsto una crescita del prezzo reale del gas durante la vita economica degli impianti: in media i prezzi sono previsti crescere ad un tasso del 0,8% annuo. Sono stati anche rilevati i rapporti tra i prezzi del gas e quelli del carbone nel 2005: essi vanno da 1,2 in Turchia fino a quasi 3 in Corea. Giappone e Corea, che si basano su gas naturale liquefatto (GNL), presentano i rapporti più alti tra gas e carbone. Il Brasile è l'unico paese che presenta prezzi del gas inferiori a quelli del carbone.

8.4.4 Costi totali di generazione

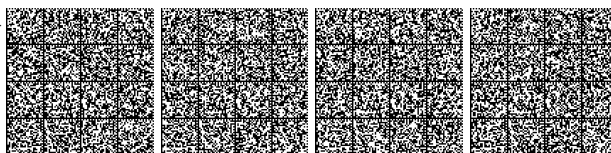
I costi totali di generazione calcolati con la procedura "*levelised cost methodology*" sono stati presentati nello studio con assunzioni generiche, quali:

- fattore di carico del 75%
- 40 anni di vita utile
- tassi di sconto del 5% e del 10%

Sono stati calcolati inoltre i rapporti tra i costi relativi alle varie filiere tecnologiche con le seguenti risultanze:

- con un tasso di sconto del 5% il rapporto tra carbone e gas è compreso tra 0,7 e 1,3 (con l'eccezione del Brasile dove il costo di generazione di un singolo impianto a carbone da 315 MW è quasi il doppio di uno a gas);
- con un tasso di sconto del 10% il rapporto è compreso tra 0,7 e 1,9.

I rapporti di costo stimati presentano in generale una crescente competitività dei grandi impianti a combustione alimentati a gas rispetto a quelli a carbone. In gran parte dei paesi che hanno presentato dati sia sul gas che sul carbone, il gas è l'opzione più economica sia con tassi di sconto del 5% che del 10%. Tuttavia il carbone è più economico del gas in Danimarca e Finlandia, ed il Giappone e Corea dove gli impianti a gas sono alimentati da GNL. In Francia, Italia e Spagna il gas è più costoso del carbone con un tasso di sconto del 5%, ma è più conveniente ad un tasso del 10%. In Canada, Ungheria ed USA il gas è più economico del carbone con un tasso di sconto del 5% per molti degli impianti considerati nello studio. In entrambi i paesi non-OCSE che hanno fornito dati sia per il gas che per il carbone, il gas è più conveniente sia al 5% che al 10%.

I fattori di costo locali ed il mix locale di capitali, O&M e costi dei combustibili sono in ultima analisi gli elementi determinanti per poter affermare quale combustibile/tecnologia sia il più conveniente per un certo paese. Infatti solo una valutazione dettagliata a livello locale delle varie opzioni può fornire una comparazione comprensibile a livello locale. Di conseguenza è difficile fare delle valutazioni generali su quali fattori di costo hanno la maggiore influenza nel determinare l'opzione più conveniente. Tuttavia alcuni semplici fattori possono essere individuati fra i vari fattori di costo presi in esame dallo

studio, allo scopo di individuare in prima istanza le opzioni più convenienti su una base media a livello internazionale.

Per quanto riguarda il carbone, in Danimarca, Finlandia e Giappone gli impianti a carbone presentano i costi di generazione più bassi sia al 5% che al 10% del tasso di sconto, mentre in Italia, Ungheria ed USA lo sono solo con un tasso di sconto del 5%, ed in Corea ed India ad un tasso del 10%. Il vantaggio competitivo del carbone in questi paesi può essere parzialmente dovuto a:

- rapporti di costo di investimento al di sotto della media tra impianti a carbone ed a gas. Danimarca, Finlandia, Giappone ed Italia hanno rapporti al di sotto della media per gli impianti a carbone rispetto a quelli a gas;
- rapporti di costo di esercizio e manutenzione (O&M) al di sotto della media tra impianti a carbone ed a gas. Danimarca, Finlandia, Ungheria, Giappone e USA hanno rapporti al di sotto della media per gli impianti a carbone rispetto a quelli a gas.

Il gas è l'opzione più economica sia al 5% che al 10% in Belgio, Olanda, Portogallo, Turchia e Brasile. In Canada, Italia, Spagna, USA e Russia, il gas diventa il più conveniente ad un tasso di sconto del 10%. In tutti i casi si tratta di cicli combinati a gas.
Solo un fattore può essere identificato per giustificare tale vantaggio competitivo del gas: i bassi costi di esercizio e manutenzione; ad eccezione di Belgio, Olanda e Spagna, tutti i paesi in cui il gas è l'opzione più conveniente presentano costi O&M inferiori alla media per gli impianti a gas. D'altra parte, nessuna significativa differenza nelle dimensioni di impianto, efficienza o costi di investimento è chiaramente identificabile tra gli impianti a gas in quei paesi e gli altri impianti a ciclo combinato considerati nello studio. Sebbene il costo del combustibili pesi per circa il 60% del costo di generazione degli impianti a gas, in media, non c'è alcun vantaggio sistematico degli impianti alimentati a gas nei paesi caratterizzati da bassi costi del gas oppure alcun svantaggio sistematico nei paesi invece caratterizzati da elevati costi del gas.

8.4.5 Analisi di sensibilità

I costi di generazione sono sensibili alle assunzioni tecniche ed economiche adottate nelle procedure di calcolo. In particolare lo studio prende in esame una analisi di sensibilità ai seguenti parametri principali: tassi di sconto, fattori di carico, vita economica degli impianti, costi del combustibile.

- Tassi di sconto

In generale si può affermare che le opzioni ad alta intensità di capitale (carbone e nucleare) sono più competitive ad un tasso di sconto più basso, mentre gli impianti a gas sono più convenienti al crescere del tasso di sconto. In circa la metà dei paesi coinvolti nello studio, l'opzione più conveniente ad un tasso del 5% rimane tale anche con un tasso del 10%; tuttavia in alcuni casi la crescita del tasso comporta una modifica della classificazione competitiva.

- Fattore di carico

Per tutti i grandi impianti di combustione per produzione elettrica, la crescita del fattore di carico comporta una riduzione dei costi di generazione. Tuttavia le opzioni a maggiore intensità di capitale sono più sensibili alle variazioni del fattore di carico di quelle a minore intensità. Per gli impianti a carbone, con un incremento del fattore di carico dal 65 all'80%, i costi di generazione si riducono di circa il 10% ad un tasso di sconto del 5% e di circa l'11% ad un tasso del 10%; per gli impianti a gas i costi si riducono di circa il 5% e del 7% per un tasso di sconto rispettivamente del 5 e del 10%. Dal momento che gli impianti a gas sono poco sensibili alle variazioni del fattore di carico, essi tendono ad essere la prima scelta per la produzione con carichi di picco e quando le incertezze sulla futura domanda sono significative.

- Vita economica utile

In genere la crescita della vita economica degli impianti comporta una riduzione dei costi di generazione. Tuttavia ciò non si verifica se l'estensione della vita utile degli impianti comporta un intenso programma di ammodernamento dei componenti oppure se il costo del combustibile è destinato a crescere rapidamente nel lungo termine. Inoltre, ad un tasso del 10% i costi di generazione sono meno sensibili alla durata della vita utile degli impianti che ad un tasso del 5% in quanto costi e ricavi successivi ai 25 anni dal collaudo contribuiscono poco ai costi totali di generazione. Nello studio è emerso che in media per gli impianti a carbone un aumento della vita utile

da 25 a 40 anni comporta una riduzione dei costi del 5% ad un tasso di sconto del 5%, mentre essa è del 3% per un tasso di sconto del 10%. Per gli impianti a gas, dal momento che i costi di investimento rappresentano solo una piccola parte dei costi di generazione, l'incremento della vita utile ha una influenza limitata sui costi di generazione.

- Costi del combustibile

Il costo di generazione dell'energia dei grandi impianti di combustione è ovviamente molto sensibile alla dinamica dei prezzi dei combustibili. Gli impianti alimentati a gas, nei quali il costo del combustibile pesa mediamente per più del 60%, sono i più sensibili a tali variazioni. Nello studio AIE sono state prese in esame due varianti alla dinamica dei prezzi:

- prezzi costanti;
- assunzioni nazionali, che corrispondono a tassi di variazione medi annui dei prezzi dell'ordine del 0,3% e del 0,8% rispettivamente per carbone e gas.

La riduzione dei costi di generazione dell'energia elettrica che si ottiene assumendo una variazione nulla dei prezzi del combustibile dipende dai tassi di crescita dei prezzi assunti da ciascun paese. Ad esempio negli 8 paesi che hanno indicato una crescita del prezzo del carbone negli anni, l'ipotesi di annullare le variazioni dei prezzi nel tempo comporta una riduzione dei costi di generazione compresa tra il 2% ed il 29%, in relazione al tasso di sconto adottato (per 30 anni di vita economica ed un fattore di carico del 75%); per gli impianti alimentati a gas si ottiene analogamente una riduzione compresa tra l'1% ed il 31%.

- Altri fattori

Un certo numero di altri fattori hanno un impatto sui costi di generazione e sulla relativa competitività tra le varie opzioni impiantistiche, e pertanto dovrebbero essere tenuti in considerazione nell'analisi economica degli impianti. Lo studio AIE non ha esaminato in dettaglio la sensibilità dei costi di generazione a tali fattori, ma essi dovrebbero essere esaminati in maniera sistematica a livello di paese o di azienda elettrica prima di prendere decisioni in merito allo sviluppo del parco di generazione.
Riduzioni od aumenti dei costi di investimento ad esempio possono mutare significativamente le condizioni di competitività tra le varie opzioni, soprattutto nel caso di impianti ad alta intensità di capitale.
La quota dei costi di esercizio e manutenzione (O&M) sui costi totali di generazione varia ampiamente da tecnologia a tecnologia e da paese a paese, ma in linea di massima tende ad aumentare al diminuire dei costi di investimento e dei costi dei combustibili. Generalmente tale quota è limitata nei paesi non-OCSE dove il costo del lavoro è basso, mentre nei paesi OCSE essa può arrivare anche al 20% dei costi totali di generazione nel caso degli impianti alimentati a carbone ed al 10% nel caso degli impianti alimentati a gas; ne consegue che una riduzione dei costi O&M può avere un significativo impatto sulla competitività degli impianti a carbone rispetto a quelli a gas, soprattutto in quei paesi dove i margini di competitività dell'opzione gas sono piuttosto piccoli.
Anche la taglia degli impianti ha una influenza sui costi di generazione, a livello sia di taglia delle singole unità che di taglia totale dell'impianto. Infatti taglie di unità più grandi godono di economie di scala nella fornitura dei componenti, mentre gli impianti di grande taglia godono di economie di scala dal punto di vista dei servizi ausiliari di centrale e delle infrastrutture del sito. Gli impianti turbogas sono costruiti in serie e godono del vantaggio di avere progetti standardizzati e costi di fabbricazione unitari ridotti. Attualmente i grandi impianti turbogas a ciclo combinato possono arrivare a taglie di 400-600 MWe, con la costruzione in fabbrica dei principali componenti. D'altra parte le grandi caldaie a combustibile fossile devono essere costruite spesso sul sito produttivo e ciò comporta economie di scala per taglie superiori ai 500 MWe; moltiplicando il numero di unità sullo stesso sito può ovviamente contribuire alla riduzione dei costi di ingegneria e costruzione. Nello studio AIE le taglie medie proposte dai vari paesi sono di 400 MWe per gli impianti a gas e di 450 MWe per gli impianti a carbone.

8.5 Conclusioni

Lo studio AIE dimostra che nessuna tecnologia esce chiaramente vincente nel confronto economico nei vari paesi esaminati, in quanto solo specifiche circostanze possono determinare la scelta economicamente più adeguata. Emerge tuttavia che l'opzione di generazione a gas risulta essere economicamente attraente almeno nel breve termine, per una serie di fattori, quali: relativa semplicità, bassi costi di costruzione e manutenzione, prospettiva di crescita dei prezzi del combustibile meno

critiche rispetto al passato, basse emissioni rispetto ad altre opzioni tecnologiche a combustibile fossile.
Tuttavia i cambiamenti strutturali in corso nel settore elettrico di molti paesi, con particolare riferimento ai processi di privatizzazione e liberalizzazione dei mercati, stanno privilegiando la competitività economica e la minimizzazione dei rischi. Di conseguenza le tecnologie caratterizzate da bassi costi di investimento e di produzione, tempi di costruzione limitati, incrementi di capacità strettamente legati alla crescita del carico, limitati problemi di accettabilità sociale e normativa, sono generalmente preferite in questo tipo di prospettiva. Ed anche in questo caso la tecnologia dei cicli combinati a gas sembra riscuotere un maggiore favore da parte degli operatori.

8.6 Costi di generazione calcolati dallo studio AIE per l'Italia

(US$mill/kWe 1.7.1996, tasso di sconto 5%)

Lo studio di seguito riportato non si intende esaustivo di tutto il parco di generazione termoelettrica italiano; le tabelle riportate sono state ottenute attraverso la cessione spontanea di alcuni dei produttori di energia, e pertanto tali tabelle non sono rappresentative della media di tutti gli impianti[7].
I valori riportati sono di conseguenza da considerarsi puramente indicativi.

8.6.1 Grandi impianti di combustione a carbone

Fattore di carico (%)	65	75				80
Vita utile (anni)	30	25	30		40	30
Dinamica prezzi combustibile	(1)	(1)	0%	(1)	(1)	(1)
Costo di generazione	**46,37**	**44,12**	**40,23**	**43,53**	**42,24**	**42,38**

(1): L'Italia ha dichiarato la seguente dinamica dei prezzi del carbone (US$/GJ 1.7.1996)

1996		2005		2015		2025		2035		2045	
M	P	M	P	M	P	M	P	M	P	M	P
2,02	2,54	2,26	2,78	2,47	2,99	2,50	3,02	2,53	3,05	2,53	3,05

M: a bocca di miniera P: a bocca di centrale

8.6.2 Grandi impianti di combustione a gas

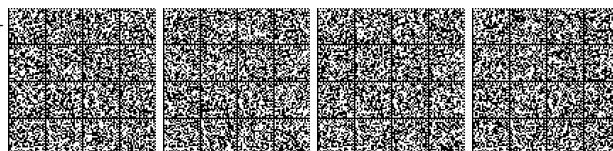
Le_tabelle di seguito elencate sono riferite ad impianti di combustione di tipo turbogas a ciclo combinato.

Fattore di carico (%)	65	75				80
Vita utile (anni)	30	25	30		40	30
Dinamica prezzi combustibile	(1)	(1)	0%	(1)	(1)	(1)
Costo di generazione	**48,46**	**47,61**	**36,83**	**47,10**	**46,55**	**46,55**

(1): L'Italia ha dichiarato la seguente dinamica dei prezzi del gas (US$/GJ 1.7.1996)

1996		2005		2015		2025		2035		2045	
M	P	M	P	M	P	M	P	M	P	M	P
-	4,05	-	5,35	-	5,62	-	5,62	-	5,62	-	5,62

M: a bocca di miniera P: a bocca di centrale

[7] Alla data di riferimento (1996).

9 Definizione dei criteri di individuazione e utilizzazione delle migliori tecniche disponibili

Per tendere all'obiettivo generale di prevenzione e riduzione integrata dell'inquinamento e raggiungere i requisiti specifici dell'autorizzazione ambientale integrata, è opportuno considerare gli elementi chiave che caratterizzano le tecniche utilizzate per le diverse realizzazioni tecnologiche del settore dei grandi impianti di combustione, oggetto delle presenti linee-guida.

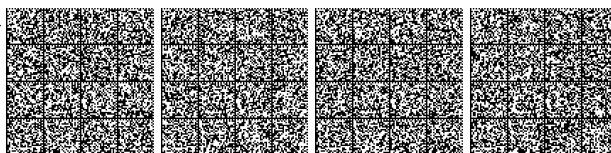
Fermo restando che per la determinazione delle migliori tecniche disponibili (MTD) si deve far riferimento alla definizione per esse riportata nel D.L. 59 del febbraio 2005, vengono qui di seguito riportate alcune considerazioni di carattere generale per le autorità competenti al rilascio dell'autorizzazione ambientale integrata.

E' necessario considerare innanzitutto il tipo di combustibile utilizzato e le tecniche specifiche di combustione, le quali, in relazione agli obiettivi di prevenzione integrata, si caratterizzano come tecniche primarie, differenziandosi dalle tecniche di controllo degli effluenti del processo di combustione, che intervengono a valle del processo e sono determinate in ragione delle caratteristiche e delle sostanze contenute negli effluenti.
Considerando questi elementi di base, sono quindi di interesse le possibili tecniche di abbattimento, principalmente in riferimento alle emissioni in atmosfera, data la natura dei combustibili e del processo di combustione: possono quindi essere di interesse essenzialmente, a seconda dei casi, NO_X, SO_2 e polveri; è anche necessario considerare le tecniche di controllo dei possibili reflui e dei rifiuti (comunque interconnesse con il controllo delle emissioni) che in particolari casi si possono produrre e che richiedono adatte modalità di movimentazione e trasporto, nonché opportuni siti di smaltimento.
Il controllo delle emissioni in aria influenza le altre matrici ambientali (acque e rifiuti).
In un esame delle tecniche disponibili, come quello svolto per l'elaborazione delle presenti linee guida, è opportuno tenere in conto anche alcuni importanti fattori che sono connessi alla determinazione delle MTD per il settore, quali l'efficienza di produzione energetica, la disponibilità degli spazi richiesti per la realizzazione delle istallazioni necessarie, la disponibilità di altre risorse, ad esempio la risorsa idrica.

Date le differenti configurazioni dei grandi impianti di combustione, le varie tecniche di prevenzione e controllo, previste come MTD, devono essere intese come un insieme di possibilità e di opzioni e la loro scelta dovrà essere specifica per ogni singolo caso.

Come già accennato, gli obiettivi ambientali prioritari da valutare in maniera integrata e specifica per un determinato sito sono, in generale per il settore considerato, l'aumento della efficienza di produzione energetica, a cui tra l'altro è collegata la possibilità di ridurre la produzione specifica di anidride carbonica, la riduzione delle emissioni atmosferiche (che come detto sono essenzialmente NO_X, SO_2 e polveri ove pertinenti), nonché adatte soluzioni per i residui di combustione che in alcuni casi si producono e la possibilità di controllo dei reflui. Occorre comunque ricordare come i casi specifici (ad esempio: la combustione delle turbine a gas riguardo le emissioni di NO_X) un aumento della efficienza energetica può avere come effetto risvolti negativi sulle emissioni in atmosfera.

Nel valutare una determinata tecnica occorre tenere anche in debito conto il concetto di costi/efficacia come un utile strumento di riferimento per confrontare tecniche diverse che possono raggiungere analoghi livelli ambientali di prevenzione e controllo; per un impianto esistente, con prestazioni già prossime a quelle attese con l'utilizzo delle MTD; occorre quindi considerare il margine aggiuntivo costi-efficacia dell'attuazione di una nuova tecnica che permetta il raggiungimento del livello delle MTD.

Le informazioni fornite in questo documento hanno lo scopo di essere utilizzate come input per la determinazione delle MTD in casi specifici; deve essere sottolineato tuttavia che il documento non propone valori limite di emissione, né possono essere considerati come vincolanti i valori di

rendimento riportati nel testo. La determinazione di appropriate condizioni di autorizzazione comprenderà anche la considerazione di fattori locali e sito-specifici, caratteristiche tecniche delle installazioni, la loro localizzazione geografica e la convenienza tecnica ed economica ad aggiornare l'installazione.

E' evidente che lo specifico obiettivo di assicurare un elevato livello di protezione dell'ambiente comporterà spesso la necessità di bilanciare le soluzioni tra i differenti tipi di impatto sulle matrici ambientale estremamente influenzati da considerazioni locali.

Come accennato all'inizio, per il settore dei grandi impianti di combustione la selezione delle MTD, l'indicazione delle emissioni associate e dei livelli di consumo è il risultato di un processo di analisi che ha considerato, come elementi essenziali, il tipo di combustibile, il processo di combustione e le tecnologie che lo rendono utilizzabile, le emissioni e gli eventuali residui della combustione.
Parametro ambientale essenziale della tecnologia di processo, in relazione ai diversi combustibili, è l'efficienza di produzione energetica, in relazione alla quale sono giustificate anche le modalità di esercizio (di base e di punta) in riferimento alle richieste del parco di generazione esistente; assieme agli altri aspetti più direttamente di interesse ambientale, come le emissioni in atmosfera e le emissioni di rumore e, ove presenti, i reflui e i residui prodotti, è necessario considerare anche aspetti che possono in qualche caso risultare importanti, come la disponibilità, l'approvvigionamento o la preparazione del combustibile, nonché l'utilizzo della risorsa idrica.
L'utilizzo delle risorse è sicuramente un aspetto anch'esso rilevante: per esempio la risorsa idrica può essere preservata, ove possibile ed attuabile, dall'utilizzo di sistemi di raffreddamento ad aria per la condensazione del vapore; occorre comunque considerare in quest'ultimo caso il problema dell'impatto acustico che potrebbe richiedere soluzioni adeguate per il necessario controllo (silenziatori,ecc).

Riguardo alle varie tecnologie dei processi di generazione (caldaia, letto fluido, turbina a gas) sono state presentate le tecniche disponibili; le MTD da considerare appropriate in molti casi riflettono nel complesso le prestazioni attuali di alcune installazioni esistenti. In riferimento all'argomento ambientale chiave costituito dalle emissioni in atmosfera, sono state considerate, quando pertinenti, le tecniche per la riduzione delle polveri, del biossido di zolfo e degli ossidi di azoto e per la riduzione combinata di questi ultimi. Per quanto possibile sono stati indicati i livelli di emissione e di consumo associati all'uso delle MTD, dati che rappresentano le prestazioni ambientali prevedibili come risultato dell'applicazione in questo settore delle tecniche individuate, considerando il bilancio costi-vantaggi che è intrinseco alla definizione di MTD. I livelli di emissione e di consumo devono essere considerati poi assieme ad ogni specifica condizione di riferimento, per esempio il periodo sul quale viene effettuata la media.
Come già detto, tali livelli di emissione non sono valori limite e non devono essere considerati in tal senso.

Una possibile sequenza operativa per la individuazione da parte del gestore delle MTD applicabili potrebbe quindi prevedere in primo luogo la determinazione di base del combustibile utilizzato, le caratteristiche e le sostanze contenute negli effluenti del processo e la caratterizzazione qualitativa e quantitativa delle emissioni; quindi la selezione delle differenti possibili MTD che conducono al livello di prestazioni attese, considerando la normativa vigente, le reali necessità ambientali ed in particolare quelle specifiche del sito, le limitazioni alla fattibilità tecnica e di spazio, la valutazione costi-benefici o costi-efficacia.

Le MTD costituiscono il termine di riferimento quando si deve valutare la proposta di una nuova installazione o quando si considerano le reali prestazioni di una installazione esistente; va evidenziato a questo proposito che, nel settore considerato, soprattutto nel caso di installazioni esistenti, è necessario tenere in debito conto la convenienza tecnica ed economica di applicazione.

10 Glossario

Acido — Una sostanza che più o meno rapidamente cede ioni idrogeno in soluzione acquosa.

Additivi — Sostanze che vengono aggiunte a lavorazioni o prodotti per migliorarne le caratteristiche.

Aerazione — Miscelazione di liquido con aria (ossigeno)

AGRU — Unità di Rigenerazione Gas Acidi.

Alcalina — Una sostanza che più o meno rapidamente può ricevere ioni idrogeno in soluzione acquosa.

AOX — Acronimo di "Adsorbable organic halogens compounds", ovvero la concentrazione (milligrammi per litro) in termini di cloro di tutti gli alogeni (ad eccezion del fluoro) presenti in un campione d'acqua, e assorbibili tramite carboni attivi.

Aromatici — Composti organici che hanno nella loro formula uno o più anelli benzenici. Sono già presenti nel grezzo e in parte si formano in alcuni processi di raffinazione. Sono fondamentali per garantire le caratteristiche ottaniche richieste dai motori delle auto.

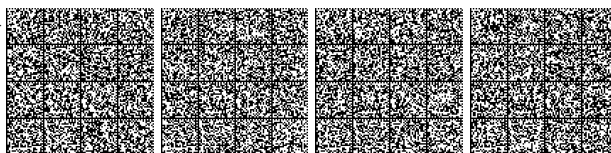
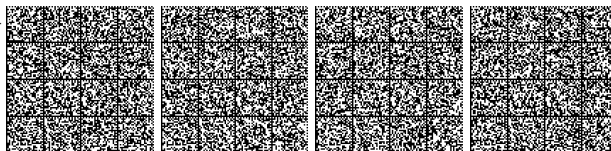
ASU — Unita di Separazione Aria.

Audit — Strumento della gestione ambientale, di sicurezza e salute, utilizzato secondo una specifica procedura, che ha lo scopo di verificarne l'efficienza di organizzazione, il raggiungimento degli obiettivi fissati e l'individuazione di eventuali azioni correttive.

Autocontrollo (automonitoraggio) — Monitoraggio eseguito dal gestore in accordo con il piano di controllo stabilito nella/e autorizzazione/i. Può includere il monitoraggio delle emissioni, dei parametri di processo e degli impatti sull'ambiente recettore. I gestori possono anche affidare il loro autocontrollo ad un soggetto esterno.

Autorità competente — Si intende qui competente per il rilascio dell'autorizzazione integrata ambientale, la medesima autorità statale competente al rilascio del provvedimento di valutazione dell'impatto ambientale ai sensi della vigente normativa o l'autorità individuata dalla regione, tenuto conto dell'esigenza di definire un unico procedimento per il rilascio dell'autorizzazione integrata ambientale.

Autorità di Controllo — E' in generale l'autorità competente per l'effettuazione dei controlli ambientali ovvero le agenzie regionali e provinciali per la protezione dell'ambiente incaricate dall'autorità competente, ove previsto, di accertare la corretta esecuzione del piano di controllo e la conformità dell'impianto alle prescrizioni contenute nell'AIA.

Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA) (permesso) — Una decisione scritta (o più decisioni) o parte di essa che contiene l'autorizzazione a gestire tutto o una parte dell'impianto, fissando le condizioni che garantiscono che l'impianto sia conforme ai requisiti della Direttiva 96/61/CE. Una autorizzazione/permesso

	può coprire uno o pi impianti o parti di impianti nello stesso sito gestiti dallo stesso operatore.
BACT	Best available control technologies
BATNEEC	Best available technologies not entailing excessive cost
Barile	Misura standard nell'industria petrolifera. Un barile di olio equivale a circa 0,158 m^3
BAT	Best Available Techniques
Benzene	Idrocarburo appartenente alla famiglia degli aromatici; sostanza cancerogena presente nel grezzo e che si forma anche durante alcune operazioni unitarie di raffineria.
BFBC	Letti Fluidi Bollenti.
Biodegradabile	Sostanza che può subire processi degenerativi di tipo fisico e/o chimico ad opera di microrganismi.
Blowdown	Sistemi utilizzati per separare scarichi liquidi e vapori da varie unità di processo di raffineria e apparecchiature.
BOD (Biological Oxygen Demand)	Misura dell'inquinamento organico. Indica la quantità di ossigeno utilizzato dai microrganismi per unità di volume di acqua ad una data temperatura per un dato tempo.
BOOS	Burners Out Of Service
BRef	BAT Reference Document
Capacità di Conversione	Capacità complessiva dell'insieme degli impianti dedicati al miglioramento delle qualità e delle rese dei distillati medi e leggeri.Si esprime in unità equivalenti di cracking catalitico.
Capacità di Distillazione primaria	Capacità degli impianti che effettuano la prima operazione di raffinazione del grezzo a pressione atmosferica.
Capacità effettiva	Si intende la capacità di distillazione primaria, definita tecnico bilanciata , supportata da impianti di lavorazione secondaria adeguati alla produzione di benzine e gasoli secondo specifica.
Catalizzatore	Ha il compito di aumentare la velocità di una reazione chimica. Non compare tra i prodotti di reazione. Con l'uso prolungato perde la sua attività e deve essere rigenerato o sostituito.
CCGT	Combined Cycle Gas Turbine: ciclo combinato con turbina a gas.
CDR	Combustibile derivato da rifiuti.
CFBC	Letti Fluidi Cicolanti.
CO (monossido di carbonio)	E' un gas che si produce da una combustione che avviene in carenza di ossigeno. Risulta tossico per l'uomo in quanto si lega all'emoglobina del sangue in modo irreversibile al posto delle molecole di ossigeno.

CO2 (anidride carbonica) — E' un gas che si produce dalla combustione di materiale organico. costituente fondamentale del ciclo vegetale (fotosintesi clorofilliana),trasparente alla luce solare e assorbe le radiazioni infrarosse emesse dalla superficie terrestre (effetto serra);

COD (Chemical Oxygen Demand) — E' l'indice della quantità di sostanza organica e inorganica presente negli scarichi idrici e quindi del loro potenziale inquinamento.

Cogenerazione — Produzione combinata di energia elettrica e vapore;

Combustione — E' la reazione di sostanze organiche che avviene in presenza di ossigeno che ha come prodotti di reazione principalmente ossidi di carbonio, acqua e calore.

Conversione — E' l'insieme delle operazioni chimiche che hanno lo scopo di cambiare le proprietà e le rese delle frazioni petrolifere.

COV — Composti Organici Volatili

CS — Combustibile Secondario

CSLF — Carbon Sequestration Leadership Forum: accordo internazionale di ricerca e sviluppo nel settore della cattura e del confinamento dell'anidride carbonica siglato dall'Italia, dall'Unione europea e da altri 13 paesi.

CTE — Centrale Termoelettrica.

Desolforazione — E' il trattamento delle frazioni gassose che consiste nell'estrazione dei composti solforati a carattere acido (acido solfidrico e mercaptani);

DLN — Dry Low-NO_X: camere di combustione per turbogas per la riduzione degli NO_X

Dolomite — Tipo di calcare così denominato dall'omonimo minerale, carbonato di calcio e magnesio ($CaMg(CO_3)$)

DS (dry solids) — Materiale residuo, dopo processo (standard) di essiccazione

EFCC — Externally Fired Combined Cycle: Ciclo combinato a combustione esterna: tecnologia innovativa per la produzione di energia da combustibili "poveri" con combustione esterna al ciclo

Effluente — Fluido (aria o acqua) contaminato da inquinanti e formante una emissione.

EMAS — Eco Management and Audit Scheme;

Emissione — E' il risultato dell'immissione nell'ambiente di inquinanti a seguito di attività umane.

Emissione convogliata — Avviene attraverso camini allo scopo di facilitarne la dispersione in aria.

Emissione diffusa — Emissioni (di solito in atmosfera) di sostanze volatili o polveri leggere Posso:

- Essere intrinseche all'apparecchiatura (es. filtri...);

	- dipendere dalle condizioni operative (es. durante il trasferimento di materiale tra container); - provenire dal rilascio graduale da altri mezzi (es. da fanghi o acque di raffreddamento). Le emissioni dovute a fughe sono un sottocaso di emissioni diffuse
Emissione dovute a fughe	Prodotta in modo involontario da perdite di componenti degli impianti di lavorazione o dai serbatoi di stoccaggio.
Emissione specifica	Emissione in rapporto con una riferimento base, ad esempio in rapporto alla produzione (massa per tonnellata o per unità di prodotto) o alla capacità di produzione.
EPER	European Pollutant Emission Register.
ESP	Elettrostatic Precipitator, filtro elettrostatico.
FBC	Fluidised Bed Combustion: tecnologia di combustione dei combustibili solidi in letto di particelle sospese in un fluido.
FF	Fabric Filter.
FGD	Fuel Gas Desolforization.
FOE	Fuel Oil Equivalent: potere calorifico di un barile standard di olio combustibile; equivalente a 6,05*106 BTU (potere calorifico inferiore).
Gestore (esercente)	Qualsiasi persona fisica o giuridica che detiene o gestisce l'impianto.
GIC nominale	Grande Impianto di Combustione: impianto con potenza termica superiore a 50 MW
GLN	Gas naturale liquefatto
GN	Gas Naturale
GPL	Gas di petrolio liquefatto: miscela di idrocarburi costituita prevalentemente da butano e propano, presenti allo stato liquido o gassoso in relazione alla temperatura e pressione.
GS	Gas siderurgico.
H_2S	Acido Solfidrico.
HCL	Acido Cloridrico.
HCN	Acido Cianidrico.
HGI (Hardgrove Grindability Index)	(HGI) Numero atto a definire la durezza del carbone.
HRGS	Heat Recovery Steam Generator
Hydrotreating	Processo di raffineria utilizzato per rimuovere contaminanti (specificatamente, zolfo, azoto, ossigeno, alogenuri e/o tracce di metalli). Tipicamente, la frazione petrolifera viene fatta reagire

con idrogeno in presenza di catalizzatore per produrre H2S, NH3, idrocarburi saturi e metalli.

IGCC — Integrated Gasification Combinated Cycle: impianto che permette la produzione di un gas di sintesi dagli idrocarburi pesanti di raffineria e la successiva produzione combinata di energia elettrica e calore.

Impianto — Unità tecnica permanente dove vengono svolte una o più attività elencate nell'Allegato I della Direttiva IPPC, e ogni altra attività direttamente associata che abbia una relazione tecnica con le attività intraprese in quel sito e che potrebbe avere conseguenze sulle emissioni e sull'inquinamento.

INES — Inventario nazionale delle emissioni e delle loro sorgenti (la versione italiana dell'EPER).

Inquinante — Sostanza o gruppo di sostanze che possono provocare danni e/o effetti negativi sull'ambiente.

Installazioni preesistenti — Un'installazione posta in opera o in accordo con le leggi esistente prima della data in cui la Direttiva è entrata in vigore.

IPA — Idrocarburi Policiclici Aromatici.

IPPC — Integrated Pollution Prevention and Control.

Installazione — Un impianto o una apparecchiatura dove sono effettuate una o più attività elencate nella Direttiva IPPC e qualunque altra attività associabile con l'emissione di inquinanti.

Lavorato — Materia prima in ingresso ad una raffineria; comprende grezzi, semilavorati ed additivi.

Limite di emissione emissione — La massa, espressa in termini di concentrazione o di livelli di

che non deve essere superata in un determinato periodo di tempo.

Monitoraggio — Controllo sistematico delle variazioni di una specifica caratteristica chimica o fisica di un emissione, scarico, consumo, parametro equivalente o misura tecnica ecc. Ci si basa su misurazioni e osservazioni ripetute con una frequenza appropriata, in accordo con procedure documentate e stabilite, con lo scopo di fornire informazioni utili.

MTD — Migliore tecnica disponibile.

Nafteni — Idrocarburi che possono consistere di molecole ad anello composte da 5 o 6 atomi di carbonio (senza legami doppi) collegati a rami di tipo paraffinico.

NH_3 — Ammoniaca.

NO_X (ossidi di azoto) — Sono composti gassosi costituiti da azoto e ossigeno. In atmosfera fanno parte dei precursori dello smog fotochimico e dopo l'SO2 sono i principali responsabili delle piogge acide.

OFA — Over Fire Air

O&M — Operation and Maintenance (esercizio e manutenzione)

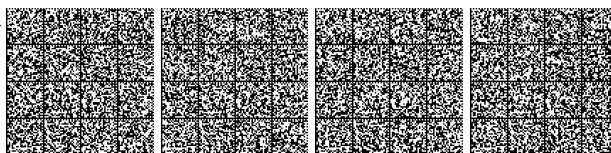
PCI	Potere Calorifico Inferiore
PE	Precipitatori elettrostatici (rif. inglese ESP)
Piano di controllo	E' l'insieme di azioni svolte dal gestore e dall'Autorità di controllo che consentono di effettuare, nelle diverse fasi della vita di un impianto o di uno stabilimento, un efficace monitoraggio degli aspetti ambientali dell'attività costituiti dalle emissioni nell'ambiente e dagli impatti sui corpi recettori, assicurando la base conoscitiva che consente in primo luogo la verifica della sua conformità ai requisiti previsti nella/e autorizzazione/i.
PST (Particolato Sospeso Totale)	E' costituito da particelle solide in sospensione in aria. Per la maggior parte è materiale carbonioso incombusto che può adsorbire sulla sua superficie composti di varia natura. La frazione di particolato più fine (PM10) con diametro aerodinamico inferiore a 10 μm può essere inalato ed arrivare ai polmoni diventando potenzialmente pericoloso per la salute umana.
ppm (parti per milione)	Unità di misura utilizzata per le concentrazioni di sostanze all'interno di miscele. Le parti possono essere intese in volume o in peso.
RSU	Rifiuti Solidi Urbani.
SCONOX	Tecnica per la riduzione combinata di NOx, CO e NMVOC
SCR	Selective Catalytic reduction: tecnica catalitica selettiva per la riduzione degli NOx
Semilavorati	Prodotti intermedi derivanti dal processo di raffinazione del grezzo che richiedono ulteriori trattamenti per la trasformazione in prodotti finiti.
SGA	Sistema di Gestione Ambientale.
Sistema di monitoraggio delle emissioni (SME)	Sistema per la misura delle grandezze, relative alle emissioni, in grado di espletare le seguenti funzioni: campionamento ed analisi, acquisizione, validazione, elaborazione automatica ed archiviazione dei dati.
Sistema di monitoraggio in continuo delle emissioni (SMCE)	E' un sistema di monitoraggio delle emissioni che opera in continuo.
SNCR	Selective Non Catalytic reduction: tecnica catalitica non selettiva per la riduzione degli NO_X
SNOX	Impianto di depurazione degli inquinanti che abbatte simultaneamente SO2 NOX e polveri.
SO_2 (anidride solforosa)	E' un gas che viene rilasciato durante la combustione di combustibili fossili contenenti zolfo. In aria è uno dei principali responsabili delle piogge acide che, in terreni poco ricchi di basi, come nel nord Europa, possono causare danni all'ecosistema.
Sorgenti diffuse	Sorgenti di emissioni diffuse o anche di emissioni dirette, qualora siano molteplici e distribuite su di un area definita.
SST	Solidi Sospesi Totali: materiale solido finemente suddiviso in sospensione in acqua.

Stabilimento (sito)	Tutta l'area sottoposta al controllo di un gestore, nella quale sono presenti uno o più impianti, comprese le infrastrutture o le attività comuni o connesse.
Standard di qualità dell'aria	Valore di concentrazione di un inquinante nell'aria al di sotto del quale la popolazione generale è sufficientemente protetta. Costituiscono il riferimento per fissare i valori limite alle emissioni di sostanze inquinanti prodotte dall'uomo.
Tar	Residui pesanti della lavorazione del grezzo, sostanzialmente bituminosi e solidi a temperatura ambiente, con caratteristiche diverse dagli oli densi commerciali, molto più leggeri che devono rispettare limiti merceologici e doganali (come densità e viscosità) molto restrittivi.
Tecniche emergenti	Vedasi l'omonimo capitolo.
Tecnica primaria	Dicesi di tecnica che in qualche modo altera uno o più fasi fondamentali del processo produttivo al fine di ridurre i consumi e/o le emissioni inquinanti (si veda anche "Tecnica Secondaria").
Tecnica Secondaria	In inglese **"**End of pipe technique", dicesi di tecnica che riduce le emissioni finali o i consumi, attraverso modalità che non alterano le operazioni fondamentali dell'intero processo. Sinonimo di tecnica di abbattimento, contrario di tecnica primaria o tecnica integrata al processo (quindi una tecnica che in qualche modo altera uno o più processi fondamentali al fine di ridurre i consumi e/o le emissioni inquinanti).
Tep	Tonnellata equivalente di petrolio: unità di misura universale di energia; si usa per paragonare tra loro quantità di energia diverse, come quelle che si ottengono da petrolio, carbone, gas, etc
Tossicità	Capacità intrinseca di una sostanza di produrre un danno su un essere vivente venendo a contatto con un punto sensibile del corpo. Varia molto, per gli stessi materiali, a seconda delle vie di accesso all'organismo e della durata o del numero di esposizioni.
Trattamento	L'insieme delle operazioni che servono ad eliminare sia le impurità presenti originariamente nel grezzo che quelle prodotte durante i processi di raffinazione.
USC energia	Ultra Super Critical: tecnologia emergente per la produzione di dal carbone con vapore in condizioni supercritiche
VOC (Composti Organici Volatili)	Sono la frazione più leggera degli idrocarburi che compongono i combustibili. Comprendono sostanze con numero di atomi di carbonio da 4 a 8 (tra cui il benzene). Sono emessi nell'ambiente principalmente per evaporazione.
WSA	Wet Sulphuric Acid Condenser: condensatore utilizzato per precipitare l'acido solforico nel processo di desolforazione
Zolfo	Presente nel grezzo soprattutto sotto forma di zolfo elementare, composti organici come tiofene e nonilmercaptano. Combustibili di alta qualità hanno basso contenuto di zolfo per cui si tende ad eliminarlo nei processi di raffinazione (vedi desolforazione) Lo zolfo recuperato come tale viene poi venduto all'industria chimica.

09A01017

ITALO ORMANNI, *direttore*

ALFONSO ANDRIANI, *redattore*
DELIA CHIARA, *vice redattore*

(G903011/1) Roma, 2009 - Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato S.p.A. - S.

MODALITÀ PER LA VENDITA

La «Gazzetta Ufficiale» e tutte le altre pubblicazioni dell'Istituto sono in vendita al pubblico:

- **presso l'Agenzia dell'Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato S.p.A. in ROMA, piazza G. Verdi, 10 - ☎ 06 85082147;**
- **presso le librerie concessionarie riportate nell'elenco consultabile sul sito www.ipzs.it, al collegamento rete di vendita (situato sul lato destro della pagina).**

L'Istituto conserva per la vendita le Gazzette degli ultimi 4 anni fino ad esaurimento. Le richieste per corrispondenza potranno essere inviate a:

Funzione Editoria - U.O. DISTRIBUZIONE
Attività Librerie concessionarie, Vendita diretta e Abbonamenti a periodici
Piazza Verdi 10, 00198 Roma
fax: 06-8508-4117
e-mail: editoriale@ipzs.it

avendo cura di specificare nell'ordine, oltre al fascicolo di GU richiesto, l'indirizzo di spedizione e di fatturazione (se diverso) ed indicando i dati fiscali (codice fiscale e partita IVA, se titolari) obbligatori secondo il DL 223/2007. L'importo della fornitura, maggiorato di un contributo per le spese di spedizione, sarà versato in contanti alla ricezione.

CANONI DI ABBONAMENTO ANNO 2009 (salvo conguaglio) (*)

GAZZETTA UFFICIALE - PARTE I (legislativa)

			CANONE DI ABBONAMENTO
Tipo A	Abbonamento ai fascicoli della serie generale, inclusi tutti i supplementi ordinari:		
	(di cui spese di spedizione € 257,04)	- annuale	€ **438,00**
	(di cui spese di spedizione € 128,52)	- semestrale	€ **239,00**
Tipo A1	Abbonamento ai fascicoli della serie generale, inclusi i soli supplementi ordinari contenenti i provvedimenti legislativi:		
	(di cui spese di spedizione € 132,57)	- annuale	€ **309,00**
	(di cui spese di spedizione € 66,28)	- semestrale	€ **167,00**
Tipo B	Abbonamento ai fascicoli della serie speciale destinata agli atti dei giudizi davanti alla Corte Costituzionale:		
	(di cui spese di spedizione € 19,29)	- annuale	€ **68,00**
	(di cui spese di spedizione € 9,64)	- semestrale	€ **43,00**
Tipo C	Abbonamento ai fascicoli della serie speciale destinata agli atti della CE:		
	(di cui spese di spedizione € 41,27)	- annuale	€ **168,00**
	(di cui spese di spedizione € 20,63)	- semestrale	€ **91,00**
Tipo D	Abbonamento ai fascicoli della serie destinata alle leggi e regolamenti regionali:		
	(di cui spese di spedizione € 15,31)	- annuale	€ **65,00**
	(di cui spese di spedizione € 7,65)	- semestrale	€ **40,00**
Tipo E	Abbonamento ai fascicoli della serie speciale destinata ai concorsi indetti dallo Stato e dalle altre pubbliche amministrazioni:		
	(di cui spese di spedizione € 50,02)	- annuale	€ **167,00**
	(di cui spese di spedizione € 25,01)	- semestrale	€ **90,00**
Tipo F	Abbonamento ai fascicoli della serie generale, inclusi tutti i supplementi ordinari, e dai fascicoli delle quattro serie speciali:		
	(di cui spese di spedizione € 383,93)	- annuale	€ **819,00**
	(di cui spese di spedizione € 191,46)	- semestrale	€ **431,00**
Tipo F1	Abbonamento ai fascicoli della serie generale inclusi i supplementi ordinari con i provvedimenti legislativi e ai fascicoli delle quattro serie speciali:		
	(di cui spese di spedizione € 264,45)	- annuale	€ **682,00**
	(di cui spese di spedizione € 132,22)	- semestrale	€ **357,00**

N.B.: L'abbonamento alla GURI tipo A, A1, F, F1 comprende gli indici mensili
Integrando con la somma di € 80,00 il versamento relativo al tipo di abbonamento alla ***Gazzetta Ufficiale*** - parte prima - prescelto, si riceverà anche l'**Indice Repertorio Annuale Cronologico per materie anno 2009.**

CONTO RIASSUNTIVO DEL TESORO

Abbonamento annuo (incluse spese di spedizione) € **56,00**

PREZZI DI VENDITA A FASCICOLI
(Oltre le spese di spedizione)

Prezzi di vendita:		
	serie generale	€ 1,00
	serie speciali (escluso concorsi), ogni 16 pagine o frazione	€ 1,00
	fascicolo serie speciale, *concorsi*, prezzo unico	€ 1,50
	supplementi (ordinari e straordinari), ogni 16 pagine o frazione	€ 1,00
	fascicolo Bollettino Estrazioni, ogni 16 pagine o frazione	€ 1,00
	fascicolo Conto Riassuntivo del Tesoro, prezzo unico	€ 6,00

I.V.A. 4% a carico dell'Editore

5ª SERIE SPECIALE - CONTRATTI ED APPALTI

(di cui spese di spedizione € 127,00)	- annuale	€ **295,00**
(di cui spese di spedizione € 73,00)	- semestrale	€ **162,00**

GAZZETTA UFFICIALE - PARTE II

(di cui spese di spedizione € 39,40)	- annuale	€ **85,00**
(di cui spese di spedizione € 20,60)	- semestrale	€ **53,00**

Prezzo di vendita di un fascicolo, ogni 16 pagine o frazione (oltre le spese di spedizione) € 1,00
I.V.A. 20% inclusa

RACCOLTA UFFICIALE DEGLI ATTI NORMATIVI

Abbonamento annuo
Abbonamento annuo per regioni, province e comuni - SCONTO 5%
Volume separato (oltre le spese di spedizione) € 18,00
I.V.A. 4% a carico dell'Editore

Per l'estero i prezzi di vendita, in abbonamento ed a fascicoli separati, anche per le annate arretrate, compresi i fascicoli dei supplementi ordinari e straordinari, devono intendersi raddoppiati. Per il territorio nazionale i prezzi di vendita dei fascicoli separati, compresi i supplementi ordinari e straordinari, relativi ad anni precedenti, devono intendersi raddoppiati. Per intere annate è raddoppiato il prezzo dell'abbonamento in corso. Le spese di spedizione relative alle richieste di invio per corrispondenza di singoli fascicoli, vengono stabilite, di volta in volta, in base alle copie richieste.

N.B. - Gli abbonamenti annui decorrono dal 1° gennaio al 31 dicembre, i semestrali dal 1° gennaio al 30 giugno e dal 1° luglio al 31 dicembre.

RESTANO CONFERMATI GLI SCONTI IN USO APPLICATI AI SOLI COSTI DI ABBONAMENTO

ABBONAMENTI UFFICI STATALI
Resta confermata la riduzione del 52% applicata sul solo costo di abbonamento

* tariffe postali di cui al Decreto 13 novembre 2002 (G.U. n. 289/2002) e D.P.C.M. 27 novembre 2002 n. 294 (G.U. 1/2003) per soggetti iscritti al R.O.C.

€ 38,00

45-410301090303